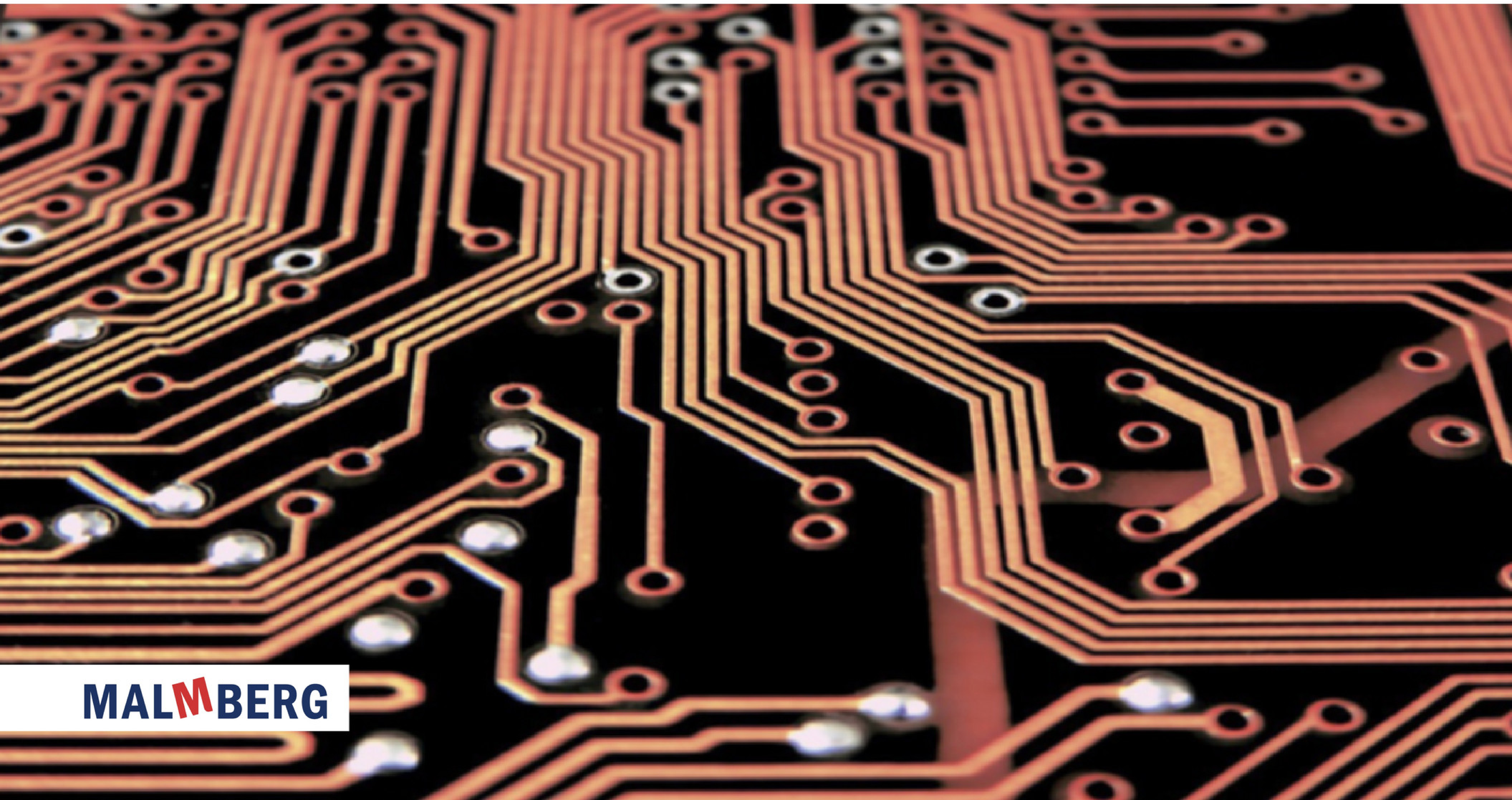


NOVA

3

VMBO-KGT
HANDBOEK

NASK 1



MALMBERG

NOVA

NASK 1

3 VMBO-KGT

Auteurs

F. Kappers

C. Schatorjé

Eindredactie

L. Pijnappels

Met medewerking van

R. Tromp

M. Eijkelkamp

Th. Smits

vierde editie

MALMBERG 's-Hertogenbosch

www.nova-malmberg.nl

Voorwoord

De methode
De methode *Nova* bestaat uit een handboek (dit boek), twee werkboeken, digitaal materiaal en twee uitwerkingenboeken.

In het handboek staat alle leerstof die je moet leren. Bovendien wordt achter in het boek uitgelegd welke vaardigheden je bij het vak nodig hebt.

In het werkboek staan opgaven die je helpen om de leerstof te onthouden en toe te passen. De opgaven zijn opgesplitst in leerstofvragen, waarvan de antwoorden vaak letterlijk in de theorie staan, en toepassingsvragen. Voor sommige opgaven staat een sterretje (*). Die zijn wat moeilijker.
Je kunt alle antwoorden en uitwerkingen in het werkboek invullen.
Elk hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal proeven (practica) en Test-Jezelf-opgaven.

Het digitale materiaal bevat oefentoetsen, verwerkingsopgaven en de V-trainer, waarmee je vaardigheden kunt oefenen.

Basisstof en plusstof
De meeste leerstof in het boek werk je samen met de hele klas door. Dit is de basisstof die alle leerlingen moeten kennen. Aan het einde van elke paragraaf staat plusstof. Meestal is de plusstof iets moeilijker dan de basisstof.

Zelfstandig werken
Met *Nova* kun je goed zelfstandig werken. Je kunt alleen of met een groepje opgaven maken, onderzoek doen of jezelf overhoren met de Test-Jezelf-opgaven. Je zult ook af en toe uitleg krijgen met de hele klas.
Als je zelfstandig werkt, is het handig om een planning te maken. Dat betekent dat je van tevoren opschrijft wat je gaat doen en wanneer.

Het PTA
Je begint dit jaar met je schoolexamen. In het PTA (het Programma van Toetsing en Afsluiting) staat uit welke onderdelen het schoolexamen bestaat. Je docent kan je daar meer over vertellen.

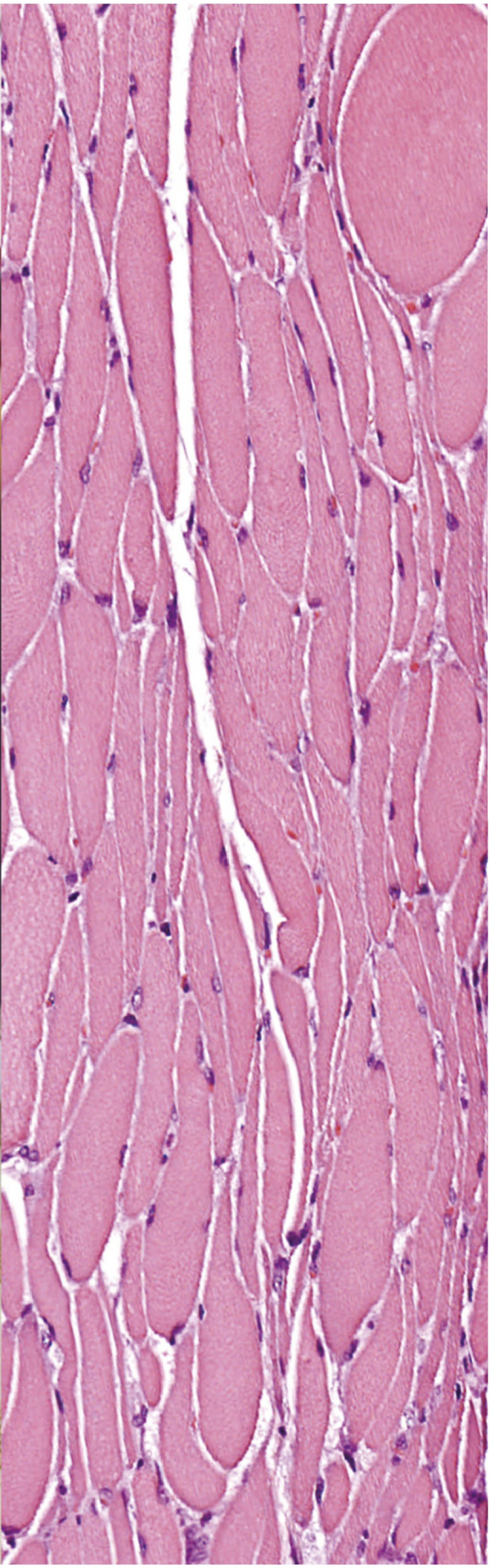
We hopen dat je veel plezier zult beleven tijdens het werken met dit boek en met de andere onderdelen van *Nova*.

Veel succes!

De auteurs

Inhoudsopgave





1 Krachten

Krachten om je heen

Je hebt krachten nodig om dingen voor elkaar te krijgen. Dat begint meteen 's ochtends al. Je stapt uit bed (dat kost kracht), tilt je tas op (dat kost ook kracht), fietst tegen de wind in naar school (met kracht) en loopt daar de trappen op (met kracht). En dan moet je schooldag nog beginnen…

1 Krachten herkennen

De wind kan een kracht op je uitoefenen. Dat voel je goed als je tegenwind hebt. Die kracht is niet altijd even groot en werkt ook niet steeds in dezelfde richting.

Krachten in je omgeving

Als er een kracht op je lichaam wordt uitgeoefend, kun je dat vaak voelen. Bijvoorbeeld als:
- iemand je een duw geeft;
- het stevig waait;
- je in een auto zit die plotseling snel optrekt;
- je een tennisbal tegen je hoofd krijgt.

Krachten die op mensen of op voorwerpen worden uitgeoefend, kun jij niet voelen of zien. Je kunt alleen zien welk **effect** die krachten hebben.

Dat zie je bijvoorbeeld bij een volleybalwedstrijd. De **snelheid** van de bal neemt toe als een speler de bal opslaat (afbeelding 1). De snelheid neemt af als een speler een harde bal ‘stopt’. De **richting** waarin de bal beweegt, verandert als de speler tegen de bal tikt of slaat. Krachten kunnen dus de **beweging** van een voorwerp veranderen.



▲ **afbeelding 1**
Door de smash verandert de snelheid van de bal.

Krachten kunnen ook de vorm van een voorwerp veranderen (afbeelding 2). Dat zie je bijvoorbeeld als een boogschutter zijn boog spant of als een turnster na een salto weer neerkomt op de trampoline. Als er een kracht op voorwerpen inwerkt, kunnen ze uitrekken of worden ingedrukt.



▶ **afbeelding 2**
Door de klap verandert de vorm van het stootkussen.

Soorten krachten

Er zijn allerlei soorten krachten, zoals zwaartekracht, spierkracht, veerkracht, spankracht en magnetische kracht.

Als je een halter optilt, voel je hoe zwaar de gewichten zijn (afbeelding 3). Als je de halter daarna weer loslaat, valt hij recht naar beneden. Dat is het effect van de **zwaartekracht**. De zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde trekt aan jou en aan alles om je heen. De zwaartekracht werkt altijd en overal op aarde.



▶ **afbeelding 3**
Een gewichtheffer is in ‘gevecht’ met de zwaartekracht.

Als je een halter optilt, oefenen je handen een kracht uit op de halter. Als je fietst, oefenen je voeten een kracht uit op de pedalen. In beide gevallen gebruik je **spierkracht**. Spierkracht ontstaat doordat de spieren in je lichaam zich samentrekken.

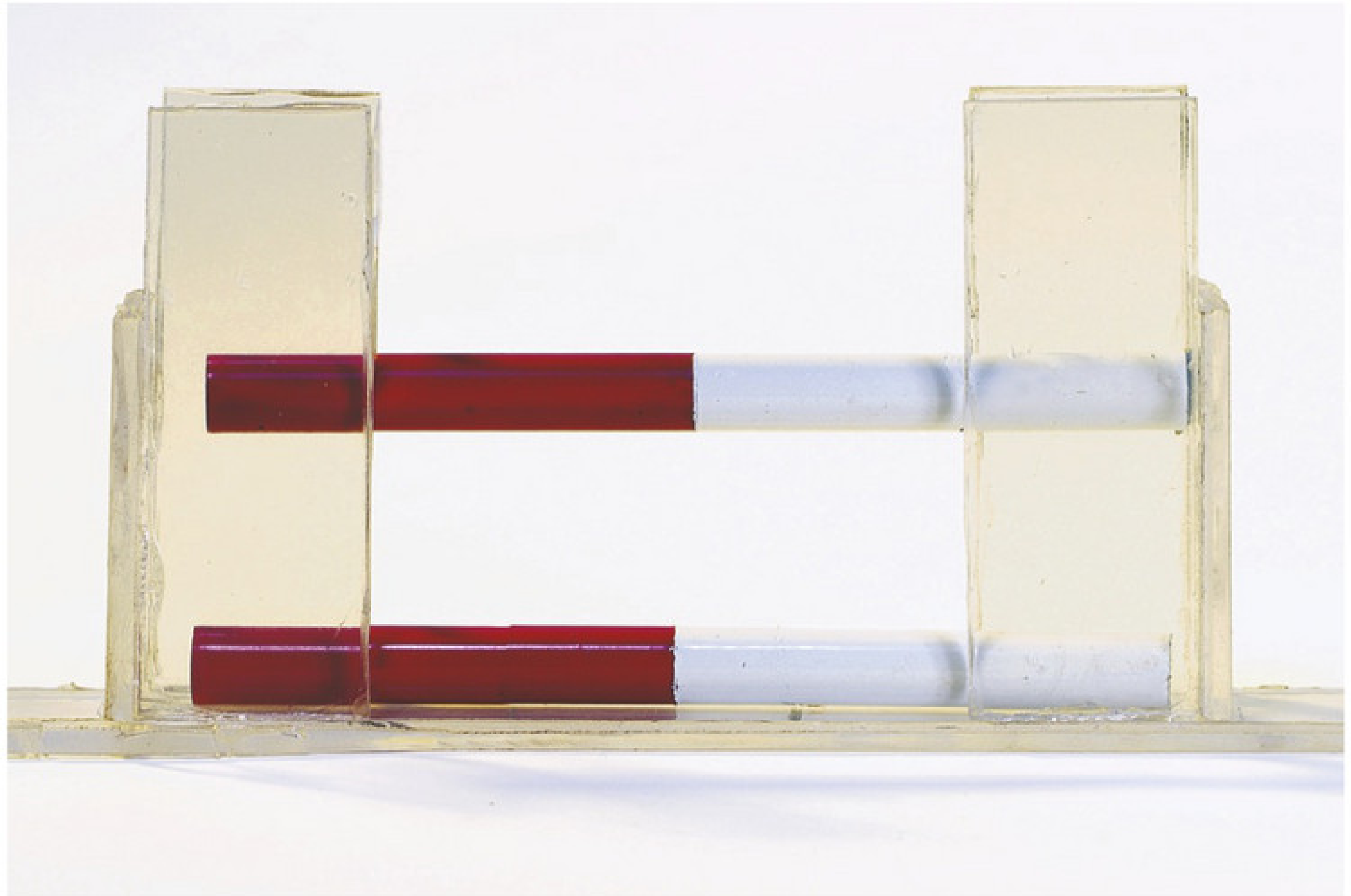
Als je een expander uitrekt, voel je de spiraalveren aan je handen trekken (afbeelding 4). Deze kracht noem je **veerkracht**. Veerkracht ontstaat als je een veerkrachtig materiaal uitrekt of indrukt. De veerkracht verdwijnt weer als het materiaal terugkeert naar zijn oude vorm.



▲ **afbeelding 4**
Een expander wordt uitgerekt.

Als je aan een touw trekt, komt het touw strak te staan. Je kunt wel harder trekken, maar het touw trekt net zo hard terug. In het touw heb je dan een **spankracht**.

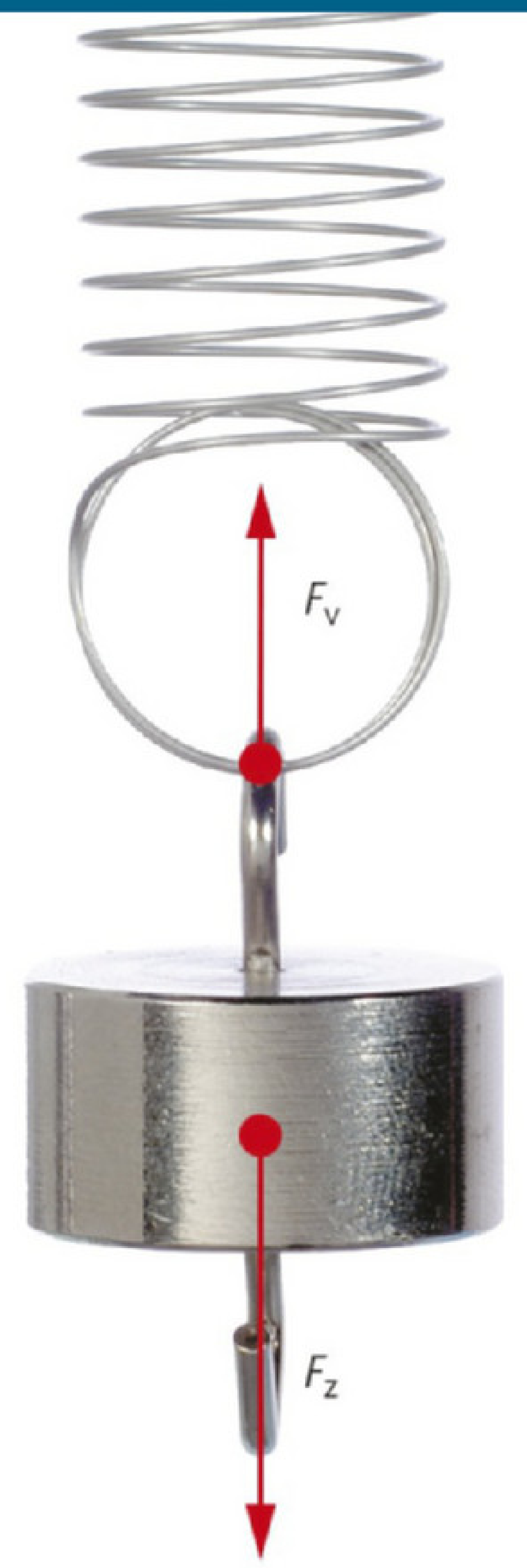
Als je de polen (uiteinden) van twee magneten bij elkaar houdt, voel je dat er **magnetische krachten** werken. Een noordpool en een zuidpool trekken elkaar aan, maar twee noordpolen stoten elkaar af, net als twee zuidpolen. In afbeelding 5 zie je hoe twee magneten elkaar afstoten. De bovenste magneet zweeft, omdat er op beide polen afstotende krachten werken. Door deze afstotende krachten wordt de bovenste magneet omhoog geduwd.



▶ **afbeelding 5**
De twee magneten stoten elkaar af.

Krachten tekenen Proef 1

Je kunt een kracht tekenen als een pijl:
- Het **aangrijpingspunt** van de pijl geeft aan waar de kracht wordt uitgeoefend.
- De **richting** van de pijl geeft aan in welke richting de kracht werkt.
- De **lengte** van de pijl geeft aan hoe groot de kracht is.



Om aan te geven dat het om een kracht gaat, zet je bij de pijl een *F* (van *force* = kracht). Met een extra letter wordt aangegeven om welk soort kracht het gaat. Bijvoorbeeld: F_z is de zwaartekracht, F_s is de spankracht en F_v is de veerkracht.

Wil je de zwaartekracht tekenen, dan moet je alle massa van het voorwerp samengebald in één punt denken: het **massamiddelpunt**. Meestal ligt het massamiddelpunt midden in het voorwerp. De pijl van de zwaartekracht grijpt aan in het massamiddelpunt en wijst altijd naar beneden (afbeelding 6).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

◀ **afbeelding 6**
Op het gewichtje werken twee krachten:
de veerkracht (omhoog) en de zwaartekracht (omlaag).

Plus Elastische en plastische vervorming

Hoe een voorwerp vervormt, hangt af van het materiaal waarvan het is gemaakt. Sommige materialen, zoals schuimrubber, vervormen **elastisch**. Je kunt schuimrubber gemakkelijk vervormen door erop te drukken (afbeelding 7). Als je niet meer drukt, krijgt het schuimrubber vanzelf zijn oude vorm terug. De vervorming is niet blijvend.

Er zijn ook materialen die **plastisch** vervormen: als daar een kracht op werkt, verandert het materiaal blijvend van vorm. Boetseerklei is een goed voorbeeld. Als je daarop duwt met je duim, blijft de indruk van je duim zichtbaar. De klei veert niet terug.

Een ijzeren bladveer vervormt eerst elastisch als je eraan trekt. Maar als je te hard trekt, gaat de veer kapot. Hij veert dan niet meer terug: de vervorming is blijvend (plastisch). Bij veiligheidsgordels in de auto is dat ook zo. Als je aan de gordels trekt, rekken ze een beetje uit. Dat is geen probleem. Maar bij een botsing zijn de krachten zo groot dat de gordels blijvend uitrekken. Ze moeten dan worden vervangen.



▶ **afbeelding 7**
Schuimrubber vervormt elastisch.

2 Krachten meten

Een kracht kun je niet zien, maar wel meten. Dat doe je met een krachtmeter.

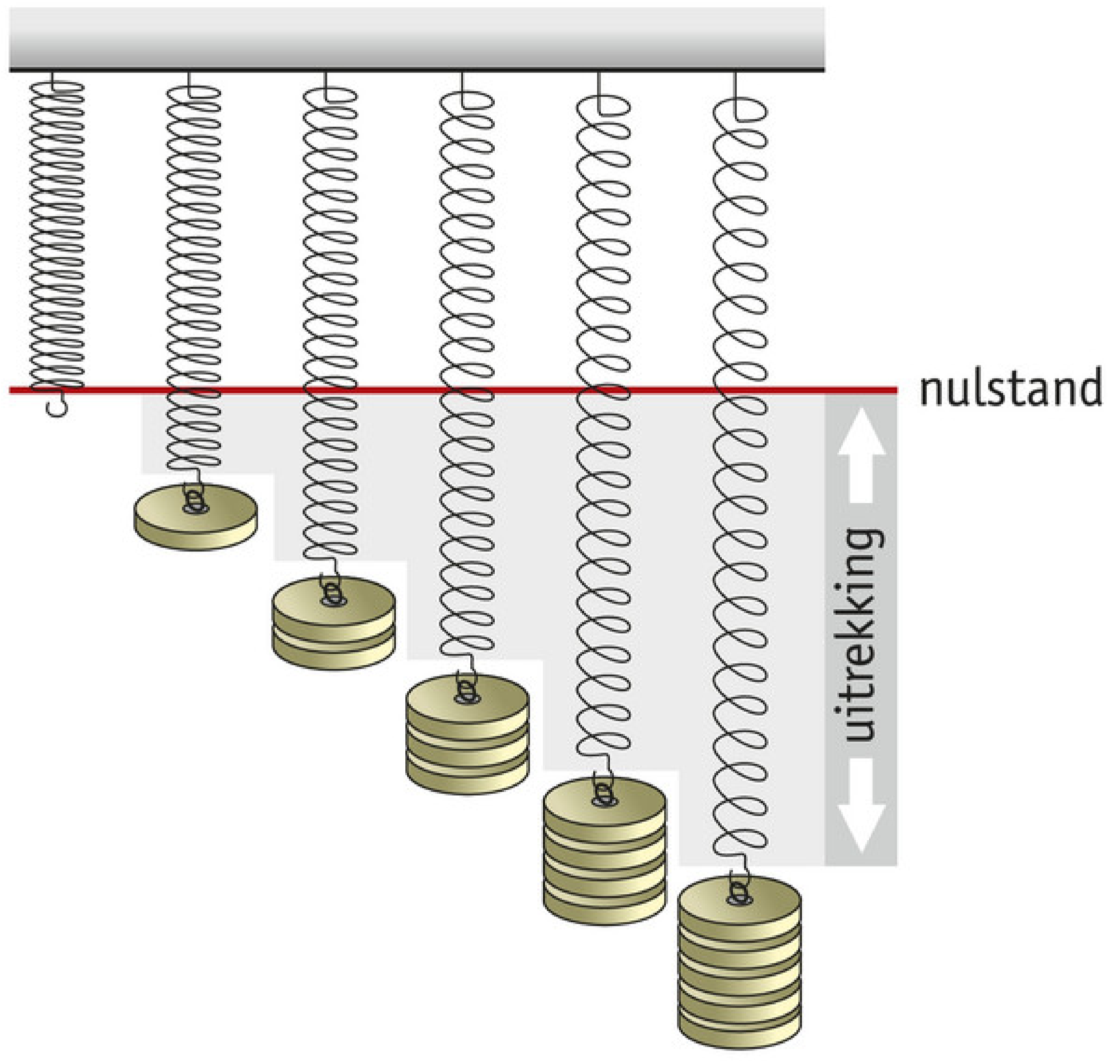
Een spiraalveer uitrekken Proef 2 en 3

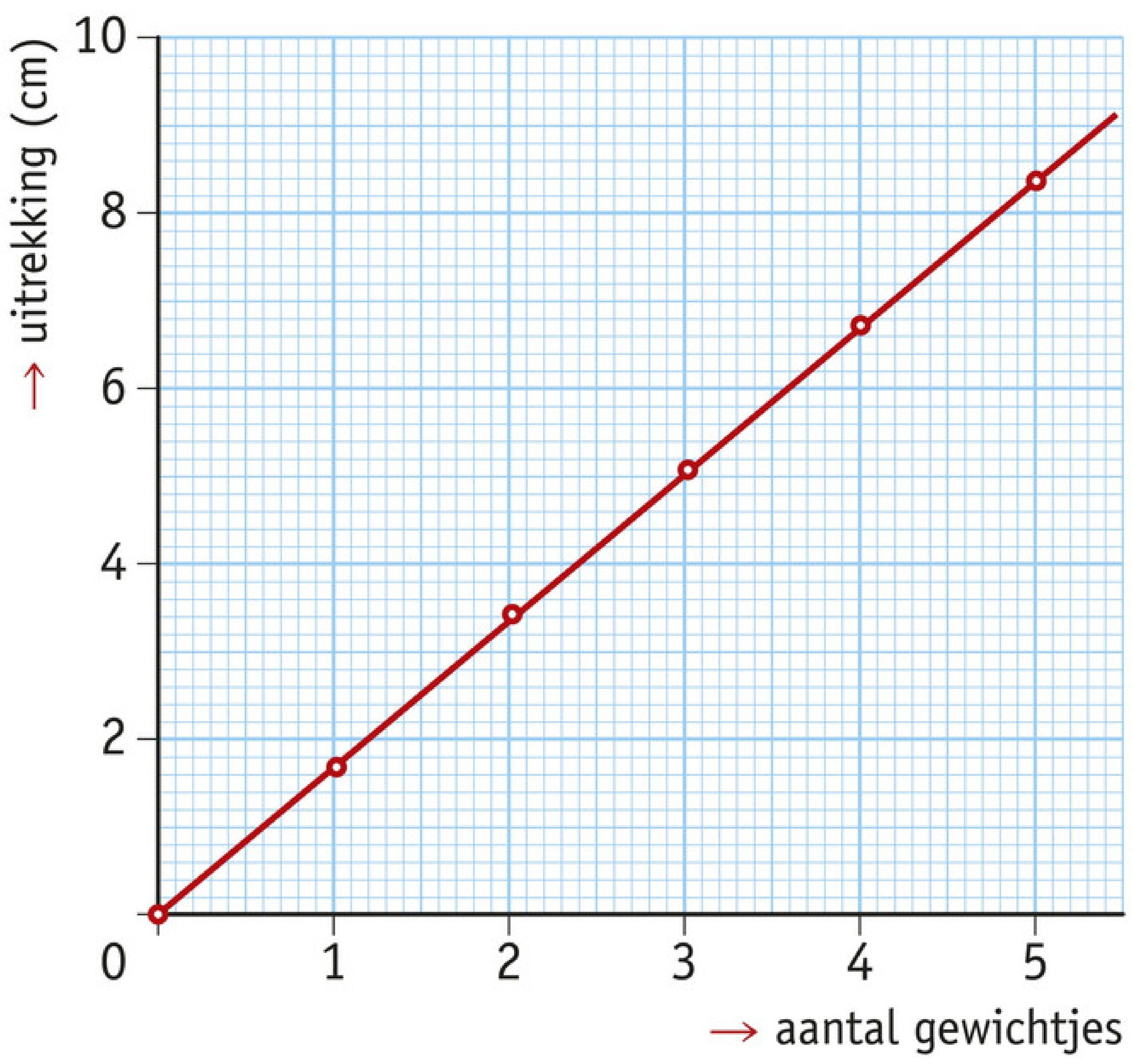
Een spiraalveer rekt uit als eraan wordt getrokken. Hoe groter de kracht, hoe verder de veer uitrekt. Je kunt dat nagaan door gewichtjes aan een spiraalveer te hangen. Elke keer dat er een gewichtje bijkomt, wordt de veer langer.

In afbeelding 8 is getekend hoe je de uitrekking van een veer kunt bepalen. Als je zo'n proef doet, merk je dat de uitrekking 'gelijk opgaat' met de kracht op de veer:

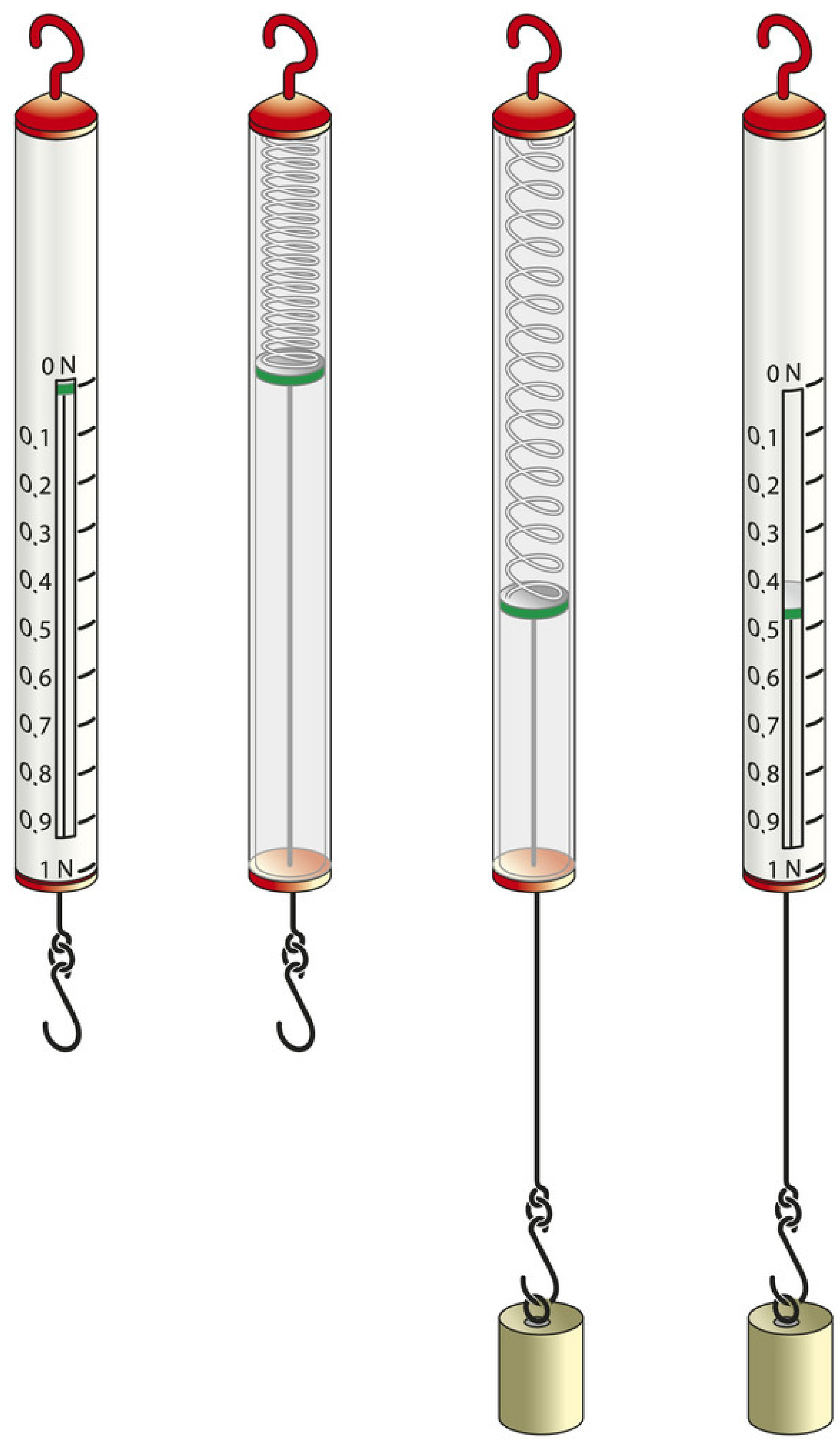
- Als de kracht 2× zo groot wordt, wordt de uitrekking ook 2× zo groot.
- Als de kracht 3× zo groot wordt, wordt de uitrekking ook 3× zo groot.
- Enzovoort.

De uitrekking geeft dus aan hoe groot de kracht op de veer is. Dat betekent dat je met een spiraalveer de grootte van de kracht kunt meten.





▲ **afbeelding 8**
een proef met een spiraalveer



▲ **afbeelding 9**
Zo werkt een krachtmeter.

De krachtmeter Proef 4

In afbeelding 9 zie je hoe een **krachtmeter** in elkaar zit. In een metalen buis is een spiraalveer opgehangen. Als er aan het haakje onder aan de veer wordt getrokken, rekt de veer uit. Het wijzertje geeft dan aan hoe groot de kracht is.

Sommige krachtmeters hebben een slappe veer die gemakkelijk uitrekt (afbeelding 10a). Zulke krachtmeters gebruik je om kleine krachten te meten. De slappe veer wordt door een kleine kracht al zichtbaar uitgerekt.

Er zijn ook krachtmeters met stuggere veren (afbeelding 10b). Die gebruik je als je grotere krachten moet meten. Voor het meten van kleine krachten zijn ze niet geschikt.

Zwaartekracht en massa

Krachtmeters hebben een schaalverdeling in newton (N). Deze eenheid is genoemd naar de Engelse natuurkundige Isaac Newton (1642-1727). Newton onderzocht de zwaartekracht. Daarbij ontdekte hij dat de zwaartekracht afhangt van de **massa** van een voorwerp.

Zijn bevindingen gaf hij weer in een formule. Je kunt een formule schrijven in woorden en in symbolen. Als symbool wordt meestal een letter gebruikt. Voor kracht gebruiken we de letter *F*, voor massa de *m* en voor de zwaartekracht de *g*. Newton vond de volgende formule:

zwaartekracht = massa × 10

of in symbolen:

$F_z = m \cdot g$



◀ **afbeelding 10**
a een slappe veer
b een stugge veer

In de formule is F_z de zwaartekracht, m de massa van het voorwerp en g de sterkte van de zwaartekracht (g komt van gravitatie = zwaartekracht). Op aarde heeft g de waarde 10 N/kg, waar je ook bent. (Als je precies meet, is g gelijk aan 9,8 N/kg, maar die waarde wordt meestal afgerond op 10 N/kg.) Om de zwaartekracht te vinden (in N), moet je de massa (in kg) vermenigvuldigen met 10.

Je moet de massa in kilogram invullen. Is de massa gegeven in een andere eenheid, bijvoorbeeld gram, dan moet je eerst gram omrekenen naar kilogram. Hierbij geldt:

1000 gram = 1 kilogram

Voorbeeld
Een glas met water heeft een massa van 300 gram.
Bereken de zwaartekracht op het glas water.

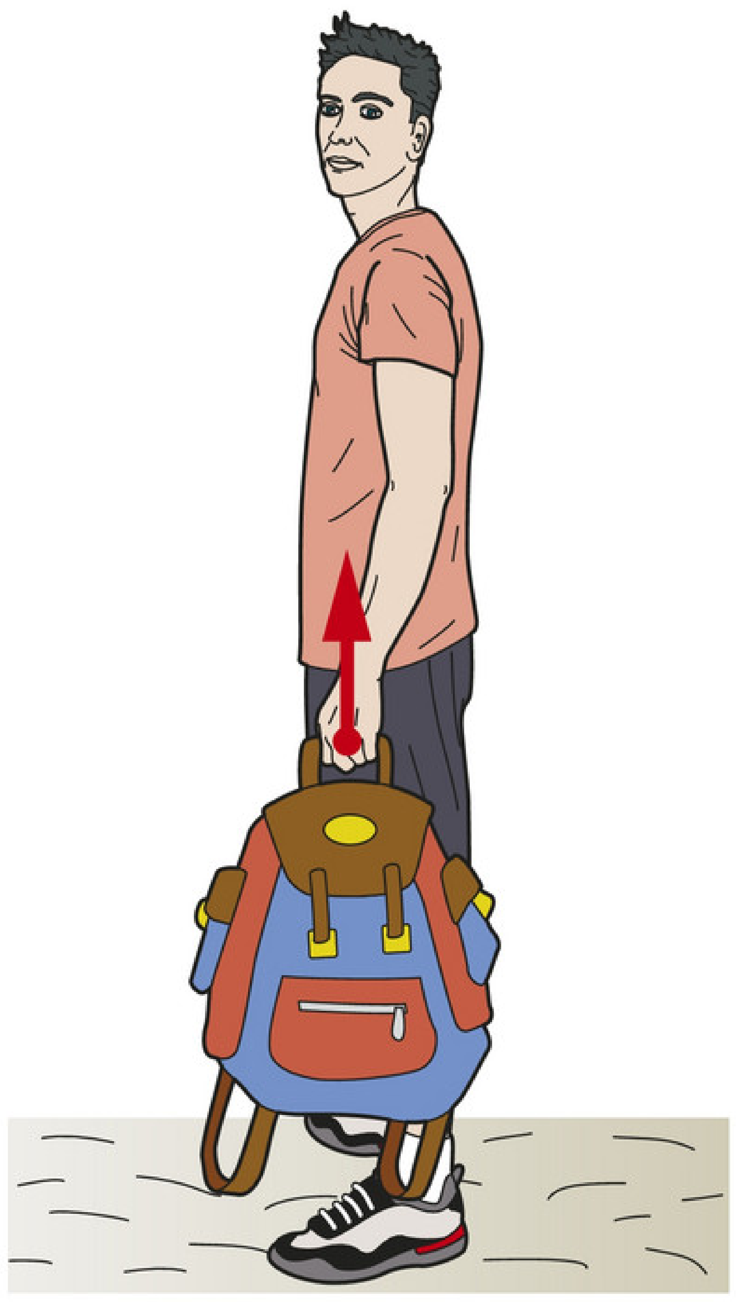
$$m = \frac{300}{1000} = 0{,}300 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F_z = m \cdot g = 0{,}300 \times 10 = 3{,}0 \text{ N}$$

Krachten tekenen op schaal

Als je een kracht wilt tekenen, moet je eerst een krachtenschaal kiezen. Daarna kun je de krachtenpijl de juiste lengte geven. In afbeelding 11 is als **krachtenschaal** gebruikt: 1 cm ≙ 50 N. Dat betekent dat een pijl van 1 cm een kracht van 50 N voorstelt. Een kracht van 150 N teken je op deze schaal als een pijl van 3 cm.



▲ **afbeelding 11**
de spierkracht op een schooltas

De schaal 1 cm ≙ 50 N is niet geschikt als je een kracht wilt tekenen van 2000 N. Je zou dan een pijl krijgen van 40 cm. Dat is veel te lang. Kies de krachtenschaal daarom zo, dat je de grootste kracht nog op het papier kunt tekenen. Als je moet berekenen hoe lang een krachtenpijl moet worden, kan een **verhoudingstabel** handig zijn. Hoe je hiermee kunt werken, lees je in vaardigheid 11 achter in dit handboek.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Zwaartekracht op andere planeten

Op aarde is de zwaartekracht op een voorwerp overal even groot. Dat kun je controleren door een steen van 1,0 kg aan een krachtmeter te hangen. De krachtmeter geeft altijd 10 N aan, waar op aarde je ook bent: g is overal 10 N/kg.

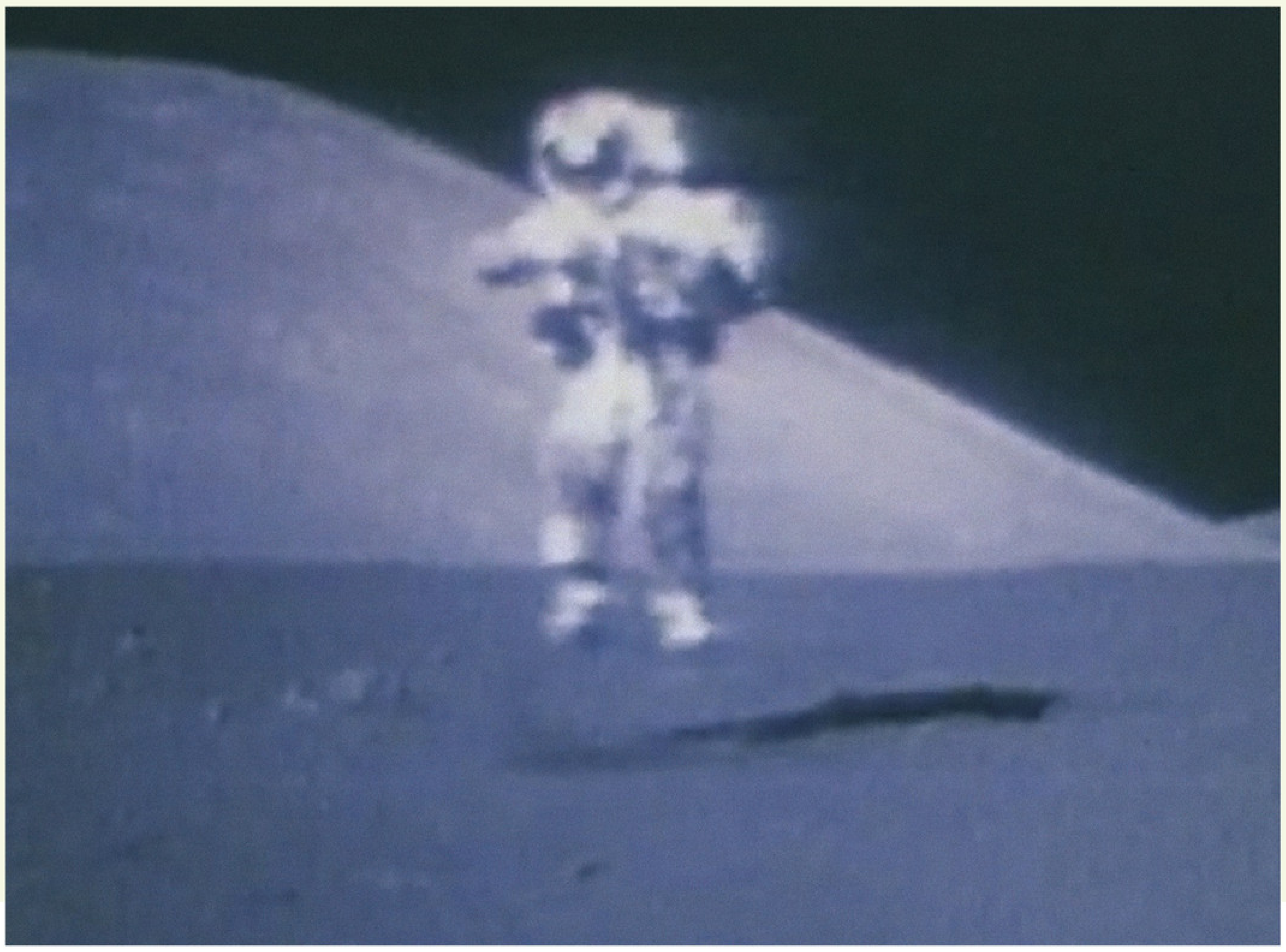
Als je deze proef op de maan zou doen, krijg je een ander resultaat. De krachtmeter geeft dan maar 1,6 N aan als er een steen van 1,0 kg aan hangt. Op de maan heeft g de waarde 1,6 N/kg: ongeveer een zesde van de waarde op aarde. Zou je g op een planeet meten, dan vind je weer een andere waarde (tabel 1).

Dat g op de maan veel kleiner is dan op aarde, kun je zien aan de video-opnames die op de maan zijn gemaakt. De astronauten kunnen op de maan erg hoog springen, veel hoger dan op aarde (afbeelding 12). Als ze van een rotsblok afspringen, komen ze ook veel zachter neer. Het lijkt wel of ze in slow motion bewegen.

Op Jupiter, een enorm grote, gasvormige planeet, is de zwaartekracht groter dan op aarde. Als je al zou kunnen overleven op Jupiter, zou je veel kracht nodig hebben om je armen op te tillen. Daarvoor heb je op Jupiter 2,5× zo veel kracht nodig als op aarde.

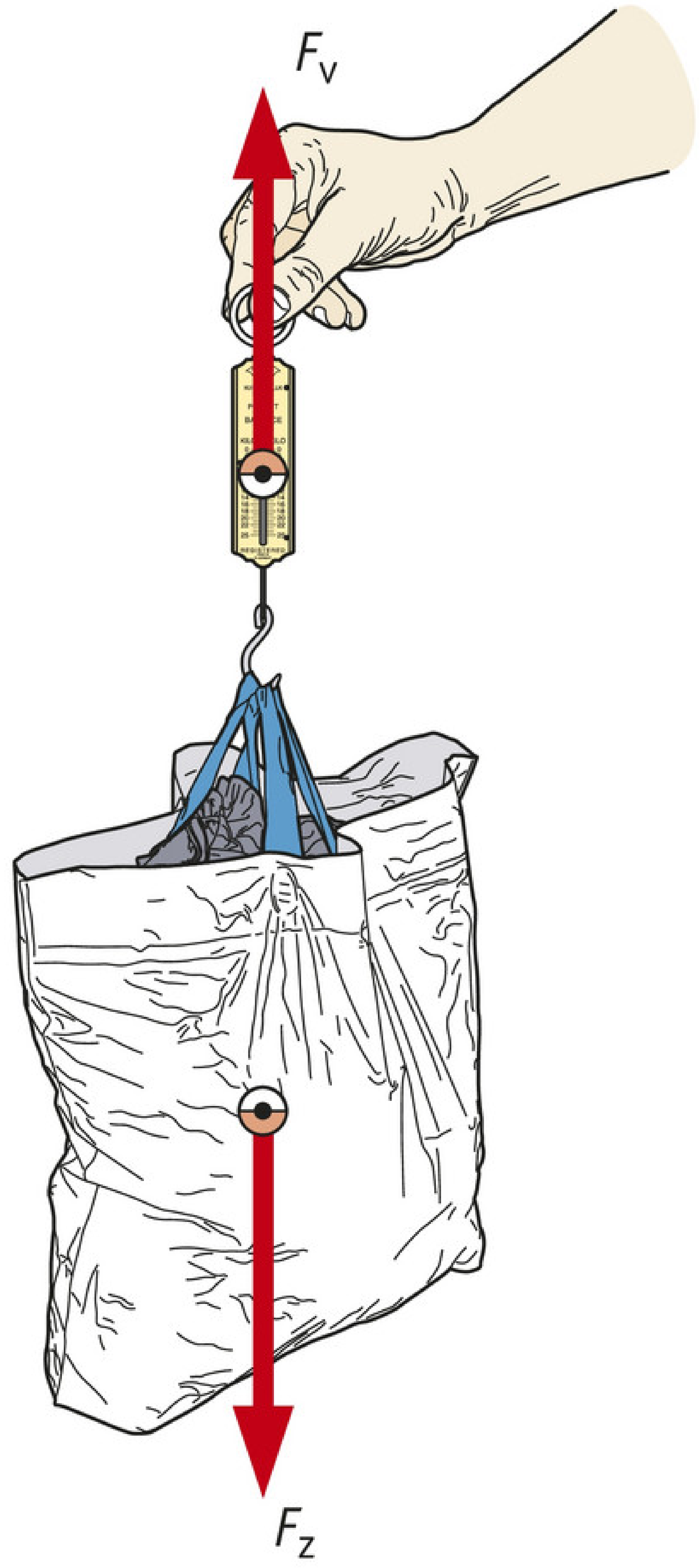
▼ **tabel 1** de sterkte van de zwaartekracht op enkele hemellichamen

hemellichaam	waarde van g
aarde	10 N/kg
maan	1,6 N/kg
Mars	3,7 N/kg
Mercurius	3,7 N/kg
Venus	8,9 N/kg
Jupiter	24,8 N/kg



▶ **afbeelding 12** Met dezelfde spierkracht spring je op de maan veel hoger.

3 Nettokracht



▲ **afbeelding 13**
zwaartekracht en veerkracht

Aan het begin van de wedstrijd houden touwtrekkers elkaar nog in evenwicht. Als beide partijen even hard aan het touw blijven trekken, kan die situatie lang duren...

Twee krachten in evenwicht

In afbeelding 13 zie je een zak aardappels die aan een krachtmeter hangt. Op de zak werken twee krachten: de zwaartekracht en de veerkracht. De zwaartekracht werkt naar beneden, de veerkracht omhoog.

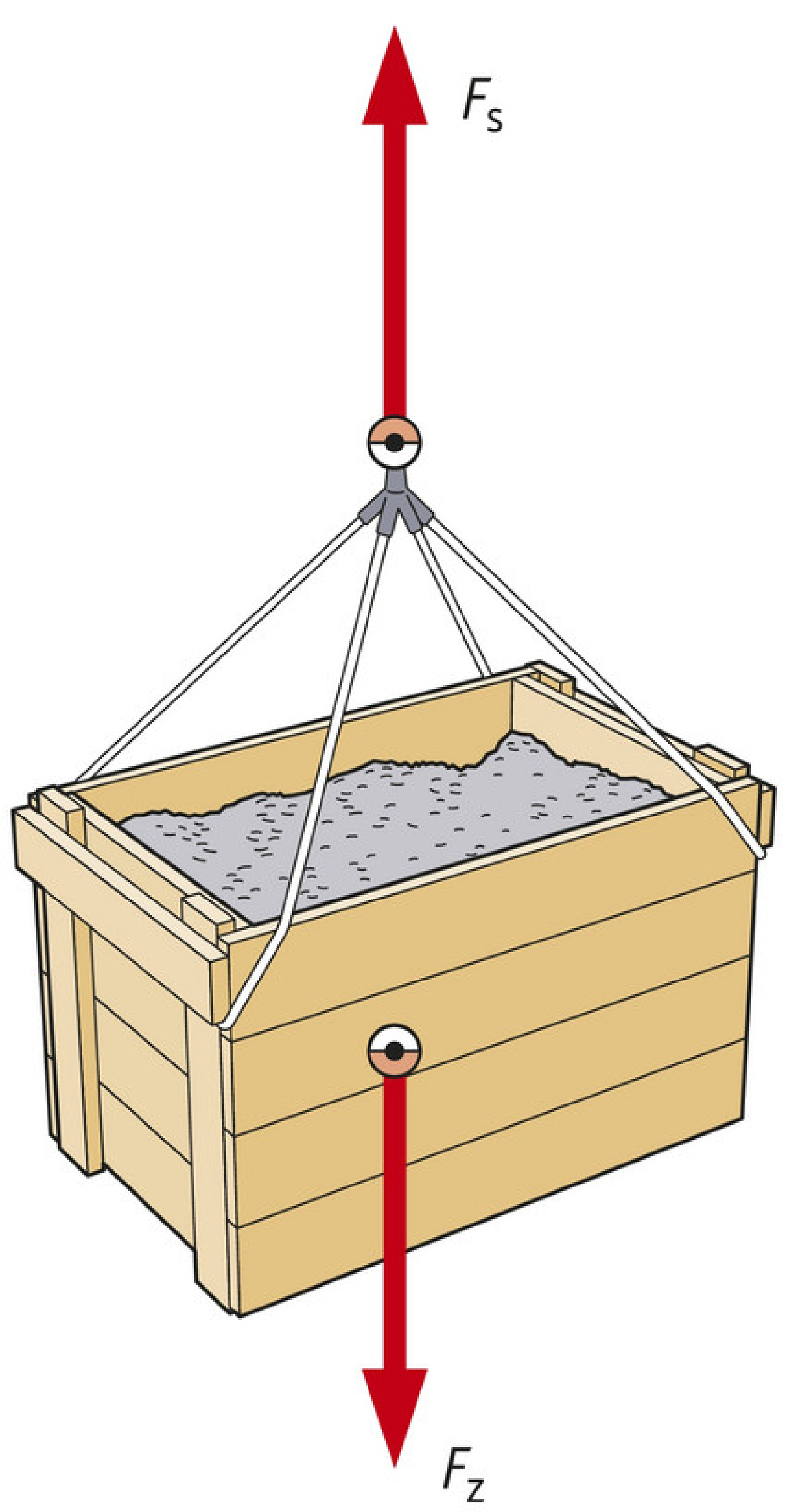
In deze situatie houden de krachten elkaar in **evenwicht**. Ze trekken even hard aan de zak, maar in tegenovergestelde richtingen. Daardoor gebeurt er niets: de zak beweegt niet omhoog en ook niet omlaag.

Als je een voorwerp aan een veer hangt, is er niet meteen evenwicht. Dat zie je ook: het voorwerp beweegt naar beneden en de veer rekt steeds verder uit. Ondertussen wordt de veerkracht steeds groter. Na korte tijd is de veerkracht even groot als de zwaartekracht. Op dat moment is er evenwicht. Het voorwerp blijft dan op dezelfde hoogte hangen.

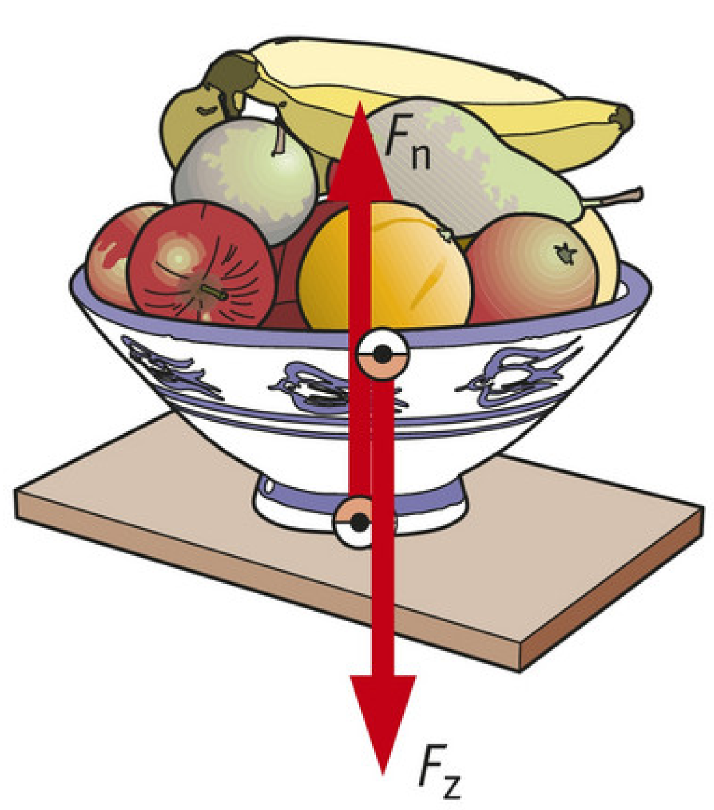
Uitrekken en indrukken

In afbeelding 14 zie je een kist die aan een touw hangt. Ook in deze situatie zijn er twee krachten die evenwicht maken: de zwaartekracht (F_z) en de spankracht (F_s). De spankracht ontstaat doordat het touw wordt uitgerekt. Je kunt dat vergelijken met de manier waarop de veerkracht ontstaat.

Er is nog een andere kracht die vaak evenwicht maakt met de zwaartekracht. In afbeelding 15 zie je een voorbeeld: een fruitschaal die op een tafel staat. Het tafelblad wordt door de schaal een heel klein beetje ingedrukt. Daardoor ontstaat een kracht die recht omhoog werkt: de **normaalkracht** (F_n). De normaalkracht maakt evenwicht met de zwaartekracht, zodat de schaal niet naar beneden valt.



▲ **afbeelding 14**
zwaartekracht en spankracht



◀ **afbeelding 15**
zwaartekracht en normaalkracht

Veerkracht, spankracht en normaalkracht ontstaan op dezelfde manier: doordat een voorwerp wordt uitgerekt of ingedrukt. Bij de veerkracht is dat duidelijk te zien: de veer wordt uitgerekt. Bij de spankracht en de normaalkracht gebeurt iets soortgelijks, maar het is moeilijker om je dat voor te stellen. Je kunt immers niet met het blote oog zien dat het touw wordt uitgerekt of het tafelblad wordt ingedrukt.

De nettokracht

De situaties die je in de afbeeldingen 13, 14 en 15 ziet, lijken veel op elkaar. Er zijn steeds twee krachten die evenwicht maken. Daarvoor moet aan drie voorwaarden zijn voldaan:
- De krachten zijn even groot.
- De krachten hebben een tegengestelde richting.
- De krachten liggen op dezelfde lijn (in elkaars verlengde).

Als krachten evenwicht maken, lijkt het alsof er geen kracht op het voorwerp werkt. Je zegt in dat geval dat de **nettokracht** op het voorwerp 0 N is. De nettokracht is de optelsom van alle krachten samen. De nettokracht wordt ook wel 'resulterende kracht' of 'resultante' genoemd. Als de nettokracht 0 N is, verandert de beweging van een voorwerp niet. Een auto die voorbijrijdt, blijft met dezelfde snelheid en in dezelfde richting doorrijden. Een bal die stil ligt, blijft stil liggen.

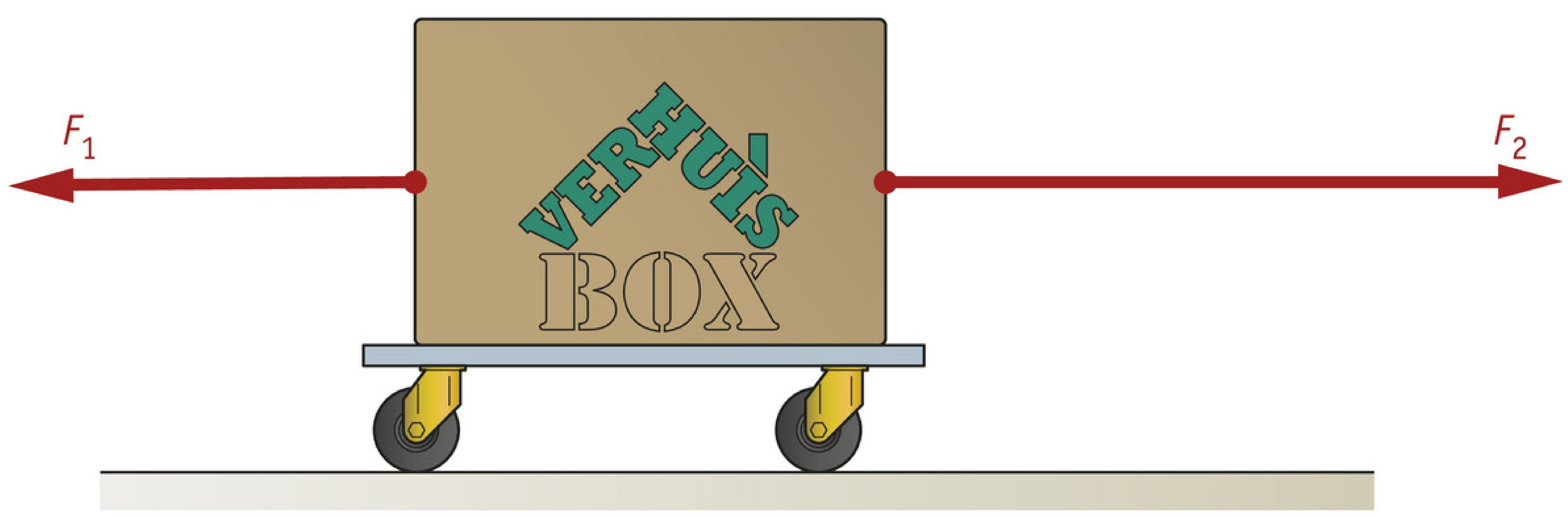
Om de nettokracht op een voorwerp te vinden, pas je twee regels toe:
- Krachten in dezelfde richting tel je bij elkaar op.
- Krachten in tegengestelde richting trek je van elkaar af.

Voorbeeld

In afbeelding 16 zie je twee krachten die op een doos werken.
F_1 is 15 N en F_2 is 25 N.
Bereken de nettokracht op de doos. Hoe zal de doos bewegen?

De krachten werken in tegengestelde richting. Je moet ze dus van elkaar aftrekken.

De nettokracht is 25 – 15 = 10 N en werkt naar rechts.
De doos zal naar rechts bewegen door de nettokracht.



▶ **afbeelding 16**
Hoe zal de doos bewegen?

Soms werken er meer dan twee krachten op een voorwerp. Denk bijvoorbeeld aan een touwtrekwedstrijd tussen twee ploegen. Je moet in zo'n situatie stap voor stap te werk te gaan. Eerst tel je de krachten bij elkaar op die in dezelfde richting werken. Daarna bepaal je de nettokracht.

Voorbeeld
Bij een touwtrekwedstrijd zijn er vier leerlingen die alle vier een kracht op het touw uitoefenen. Boris en Karin trekken naar rechts, de één met 545 N, de ander met 642 N. Nina en Koos trekken naar links, de één met 521 N, de ander met 664 N.
Bereken welke partij aan de winnende hand is.

De krachten naar rechts tel je bij elkaar op: 545 + 642 = 1187 N
Met de krachten naar links doe je hetzelfde: 521 + 664 = 1185 N

De nettokracht is 1187 − 1185 = 2 N, in het voordeel van Boris en Karin.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Wrijvingskracht

Als je een doos die op de grond staat een zetje geeft, gaat de doos over de vloer schuiven. De doos komt echter al snel tot stilstand.
Er is dus een kracht die de beweging tegenwerkt. Deze kracht is de **wrijvingskracht**. De wrijvingskracht ontstaat doordat de bodem van de doos over de vloer 'wrijft'. De wrijvingskracht is vrij groot. Daardoor komt de doos snel tot stilstand.

Bij de sport curling moet de wrijvingskracht klein zijn. De stenen schuiven met lage snelheid over het ijs. Pas na tientallen meters komen ze tot stilstand. Vlak voor de bewegende steen wordt het ijs geveegd met bezems (afbeelding 17). Door hard te vegen, smelt er een dun laagje ijs. De steen glijdt nu niet over het ijs, maar over een dun laagje water. Zo beïnvloeden de spelers de baan van de steen.

Wrijving kan ook nuttig zijn. Als er geen wrijving zou zijn tussen de banden van je fiets en de weg, zouden de banden gemakkelijk wegslippen. De dikke banden van een mountainbike ondervinden meer wrijving dan de smalle banden van een wielrenfiets.



◀ **afbeelding 17**
Bij curling veeg je over het ijs om de wrijving te verminderen.

4 Krachten in werktuigen

Met je vingers krijg je een vastgedraaide moer niet los. Met een steeksleutel gaat dit heel gemakkelijk. De steeksleutel werkt als een hefboom.

Je spierkracht vergroten

Je gebruikt elke dag je spierkracht om dingen los te draaien, open te maken en op te tillen. Vaak heb je daar geen hulpmiddelen voor nodig. Maar soms lukt het niet om iets met blote handen voor elkaar te krijgen. In dat geval gebruik je een werktuig. Dat helpt je om meer kracht uit te oefenen.

Een steeksleutel is een goed voorbeeld van een werktuig. Met zo'n sleutel kun je een moer losdraaien die stevig vastzit. In afbeelding 18 zie je hoe de fietsenmaker je achterwiel ermee losdraait. Zij gebruikt de sleutel daarbij als **hefboom**. Zoals elke hefboom heeft de steeksleutel een **draaipunt**. In afbeelding 18 is dat draaipunt aangegeven met een rode stip.

In deze situatie heb je te maken met twee krachten. De spierkracht werkt op het uiteinde van de steeksleutel, ver van het draaipunt. Hierdoor oefent de sleutel een kracht uit op de moer, dicht bij het draaipunt. De kracht op de moer is veel groter dan de spierkracht. Zo kan de fietsenmaker de moer gemakkelijk losdraaien.



BEROEPENORIËNTATIE

Een hefboom

De fietsenmaker gebruikt verschillende werktuigen. Met een steeksleutel kun je een bout losdraaien; voor de trappers wordt vaak een inbussleutel gebruikt.

◀ **afbeelding 18**
een fietsenmaker aan het werk



▲ **afbeelding 19**
een timmerman aan het werk



▲ **afbeelding 20**
Een flesopener is een hefboom.

Werken met hefbomen Proef 5

Een klauwhamer en een nijptang zijn voorbeelden van hefbomen die een timmerman dagelijks gebruikt (afbeelding 19). Zelf gebruik je wel eens een hefboom om een fles te openen: de flesopener (afbeelding 20). Een hefboom is een stevig uitgevoerd voorwerp dat kan ronddraaien rond een draaipunt. Je kunt er flink tegenaan duwen zonder dat hij doorbuigt.

Als je een hefboom gebruikt, zijn er twee krachten van belang. Je hebt dat al gezien bij een steeksleutel. Om te beginnen oefen je zelf een kracht uit op de hefboom. Die kracht noem je de **werkkracht** (F_1). De hefboom gaat hierdoor een kracht uitoefenen op een ander voorwerp. Die kracht noem je de **last** (F_2).

Als je een hefboom gebruikt, laat je de werkkracht ver van het draaipunt aangrijpen. Het aangrijpingspunt van de last moet juist dicht bij het draaipunt liggen. Dat zorgt ervoor dat de last veel groter is dan de werkkracht.

De hefboomregel Proef 6

Je kunt de krachten op een hefboom uitrekenen met de hefboomregel:

werkkracht × werkarm = last × lastarm

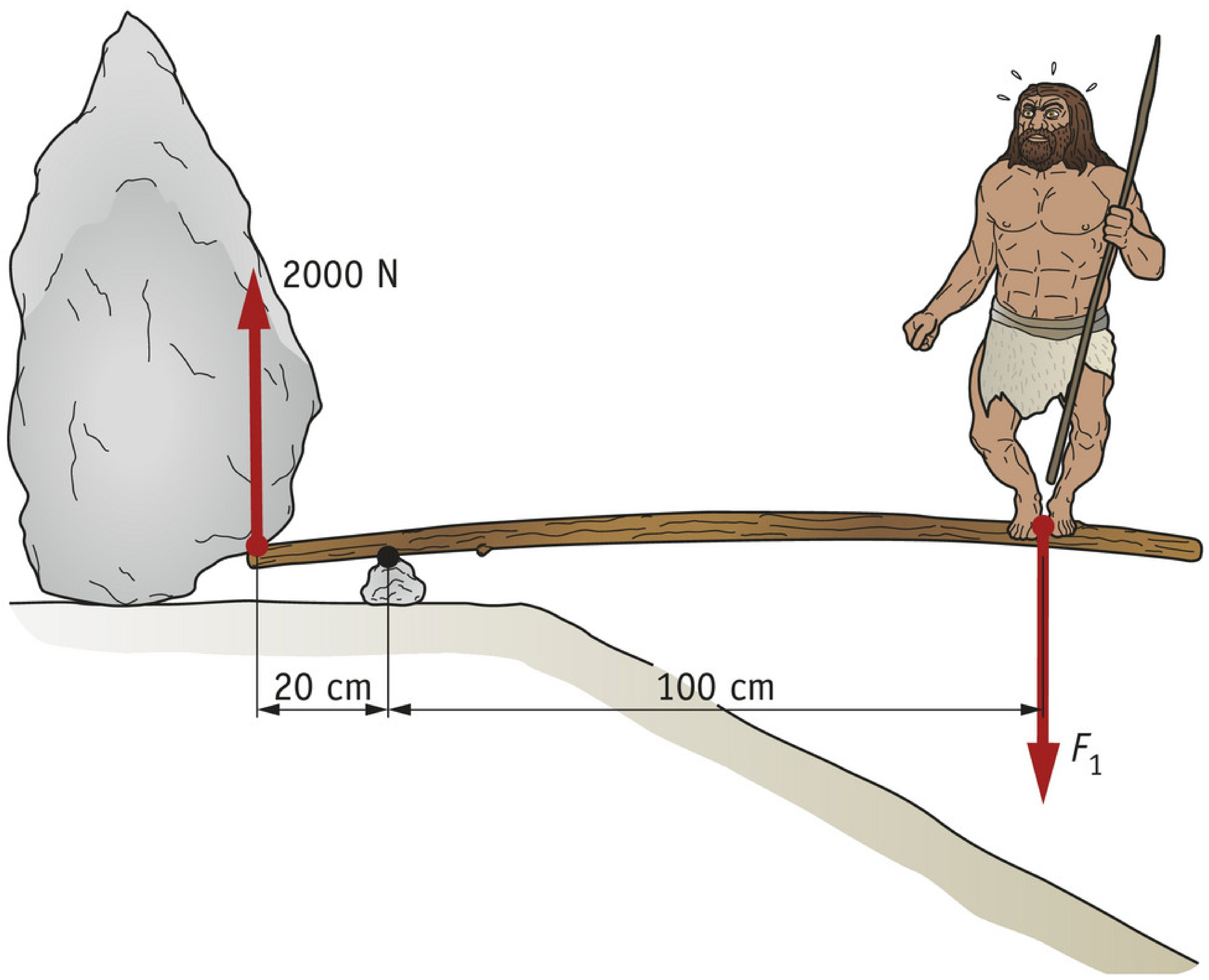
of in formule:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

De **arm** (l) van een kracht is de afstand tot het draaipunt. In afbeelding 21 kun je zien hoe je de arm van een kracht kunt bepalen.
Eerst teken je het draaipunt van de hefboom. Dat is hier met een zwarte stip gedaan. Vervolgens teken je de lastkracht. Nu kun je de afstand van de kracht tot het draaipunt bepalen. In dit geval kun je die afstand aflezen: de lastarm is 20 cm. (Het komt ook voor dat je de afstand niet kunt aflezen, maar moet meten.) Om de lengte van de werkarm te vinden, herhaal je de stappen voor de werkkracht.

Bij werktuigen wordt er altijd voor gezorgd dat de werkarm (l_1) groot is en de lastarm (l_2) klein. Uit de hefboomregel volgt dan dat de werkkracht (F_1) klein moet zijn en de last (F_2) groot; anders komt de berekening niet uit. Dat F_1 klein is en F_2 groot, klopt precies. Je gebruikt een hefboom om met weinig inspanning toch een grote kracht te kunnen uitoefenen.

Voorbeeld
Hunebedden werden gebouwd van grote keien (afbeelding 21). Om de steen te kantelen, moet een kracht van 2000 N op de steen worden uitgeoefend.



▶ **afbeelding 21**
een hunebedbouwer aan het werk

Bereken welke kracht de hunebedbouwer op de stok moet uitoefenen.

F_1 = ? F_2 = 2000 N
l_1 = 100 cm l_2 = 20 cm

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$F_1 \cdot 100 = 2000 \times 20$$
$$F_1 \cdot 100 = 40\,000$$

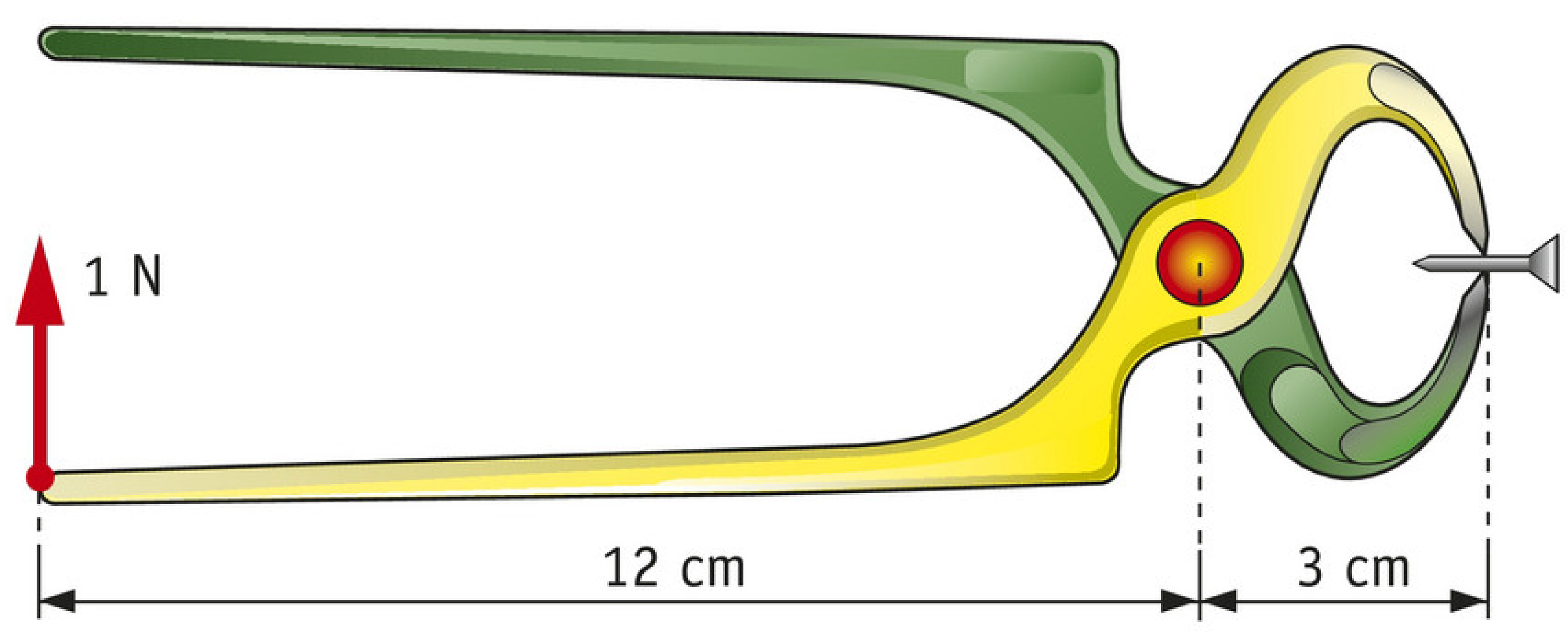
$$F_1 = \frac{40\,000}{100} = 400 \text{ N}$$

De werkarm (l_1) is 5× zo groot als de lastarm (l_2). De spierkracht (F_1) is daardoor 5× zo klein als de last (F_2): geen 2000 N, maar 400 N.

De afstand tot het draaipunt heeft grote invloed op de krachten. Als je de steen 10 cm opschuift, wordt de werkarm 110 cm en de lastarm 10 cm. Je kunt uitrekenen dat de benodigde spierkracht nu 11× zo klein is dan de last. Nu is een kracht van slechts 182 N al voldoende om de steen op te tillen.

Dubbele hefbomen

Tangen en scharen bestaan uit twee hefbomen die om hetzelfde draaipunt draaien. In afbeelding 22 zie je zo'n **dubbele hefboom**: de ene hefboom is geel-, de andere is groengekleurd.



▶ **afbeelding 22**
een dubbele hefboom: de nijptang

Met de hefboomregel kun je nagaan dat een tang je spierkracht een stuk groter maakt. Neem bijvoorbeeld de nijptang in afbeelding 22:

$F_1 = 1{,}0$ N $\qquad F_2 = ?$
$l_1 = 12{,}0$ cm $\qquad l_2 = 3{,}0$ cm

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$1{,}0 \times 12{,}0 = F_2 \cdot 3{,}0$$
$$12{,}0 = F_2 \cdot 3{,}0$$

$$F_2 = \frac{12{,}0}{3{,}0} = 4{,}0 \text{ N}$$

De nijptang maakt je spierkracht dus 4× zo groot.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Hefbomen met een draaipunt aan een uiteinde

Bij veel hefbomen ligt het draaipunt tussen de werkkracht en de last. Maar er zijn ook hefbomen waarbij het draaipunt aan een van de uiteinden zit. Dat zie je bij de kruiwagen in afbeelding 23. De last en de werkkracht liggen daar allebei links van het draaipunt (de as van het wiel). Ook op dit soort hefbomen kun je de hefboomregel toepassen. Let er wel op dat je de armen dan juist meet.

Voorbeeld

Khair heeft 100 kg zand in de kruiwagen geschept. Nu wil hij de kruiwagen optillen.
Bereken de tilkracht die Khair moet uitoefenen.

Eerst reken je de zwaartekracht op het zand uit:

$F_z = m \cdot g = 100 \times 10 = 1000$ N

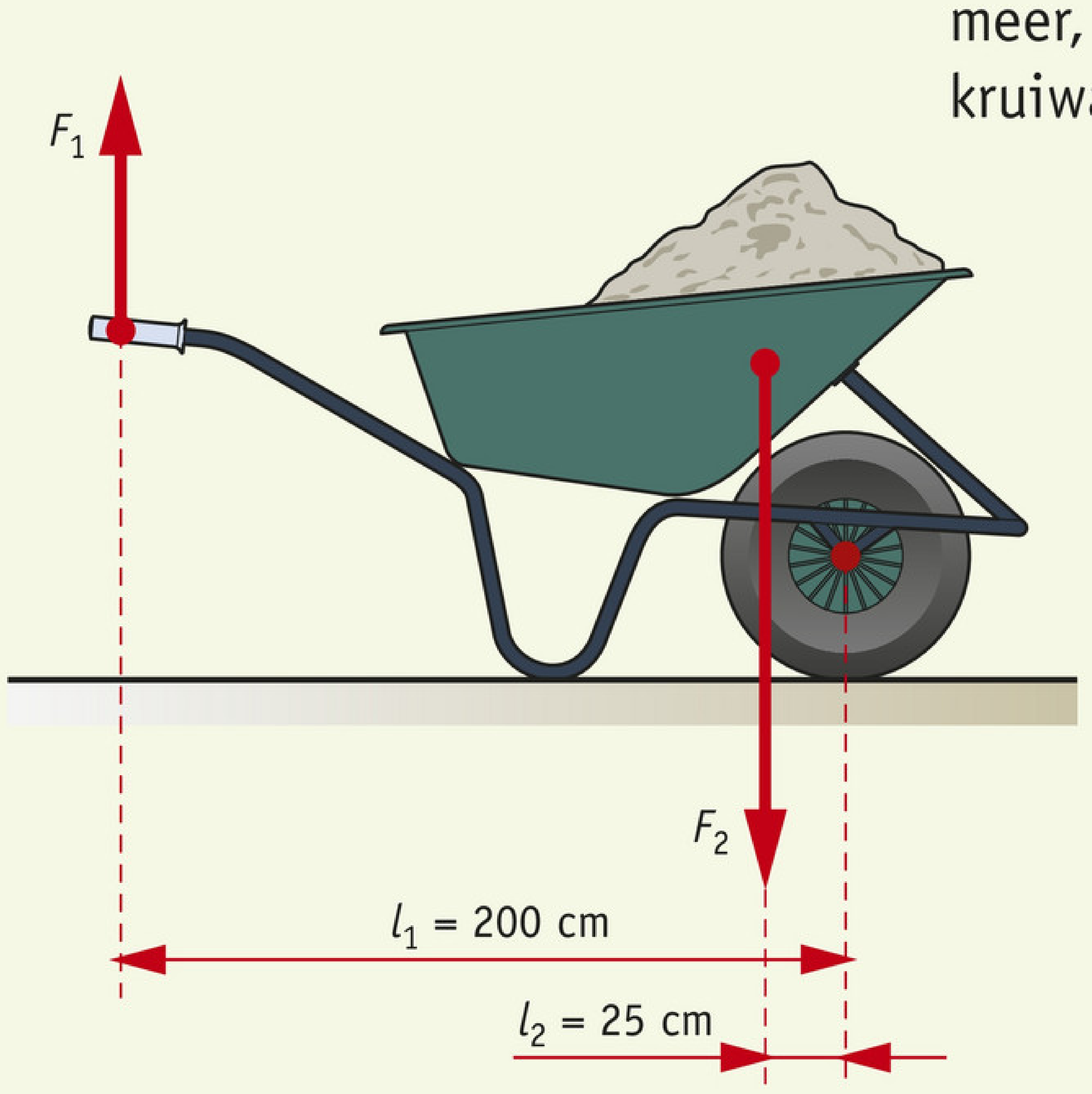
Dan gebruik je de hefboomregel:

$F_1 = ?$ $\quad F_2 = 1000$ N
$l_1 = 200$ cm $\quad l_2 = 25$ cm

$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$
$F_1 \cdot 200 = 1000 \times 25$
$F_1 \cdot 200 = 25\,000$

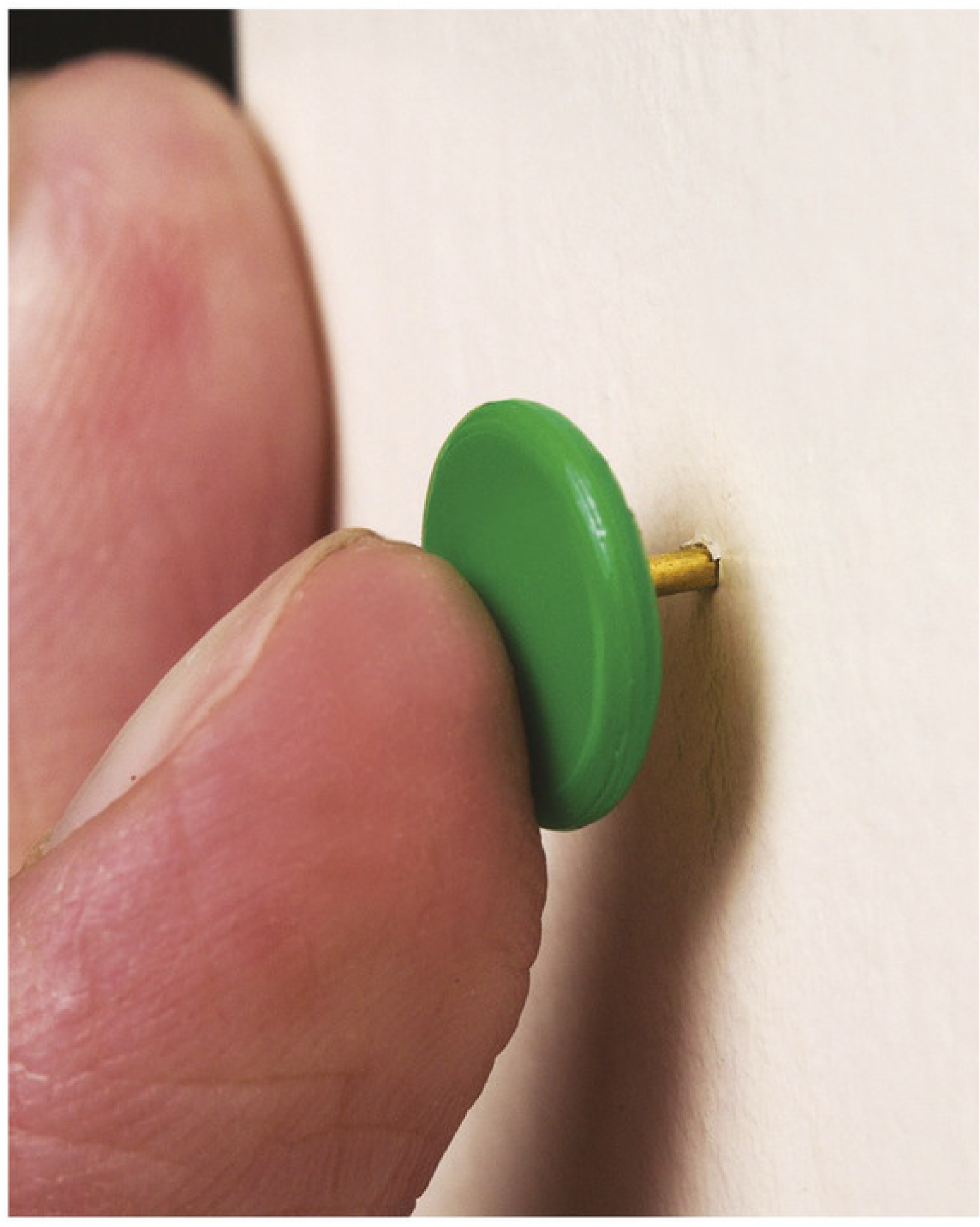
$$F_1 = \frac{25\,000}{200} = 125 \text{ N}$$

Khair moet dus een kracht uitoefenen van 125 N (in werkelijkheid iets meer, omdat er geen rekening is gehouden met de zwaartekracht op de kruiwagen zelf).



◀ **afbeelding 23**
Deze kruiwagen heeft het draaipunt aan het rechteruiteinde.

5 Druk



▲ afbeelding 24
De grootte van het oppervlak bepaalt de druk.

Hoe goed je een kracht voelt, hangt niet alleen af van de grootte van de kracht. Ook het oppervlak waarop de kracht werkt, is van belang. Loes is lichter dan Wim. Toch doet het meer pijn als Loes met haar naaldhakken op je voet gaat staan dan wanneer Wim dat doet.

Kracht verdelen

Als je genoeg kracht uitoefent op een punaise, duw je hem zo in een houten plank (afbeelding 24). De kracht die je vinger uitoefent op de punaise, is gelijk aan de kracht die de punaise uitoefent op de plank. Hoewel de plank een stuk harder is dan je vinger, gaat de punaise toch niet je vinger in. Dat komt doordat de scherpe punt van de punaise een klein oppervlak heeft. Alle kracht wordt uitgeoefend op dat kleine oppervlak. Daarom duw je de punaise de plank in.

Naast een scherpe punt heeft de punaise een platte kop. Vergeleken met de punt, heeft de kop een groot oppervlak. De kracht van je vinger wordt verdeeld over dit oppervlak. Dat voel je goed, maar de punaise gaat niet je vinger in. Blijkbaar is niet alleen de kracht van belang, maar ook de oppervlakte waarover de kracht wordt verdeeld. De kracht op een bepaalde oppervlakte noem je de **druk**.

Je kunt de druk uitrekenen met de formule:

$$\text{druk} = \frac{\text{kracht}}{\text{oppervlakte}}$$

Deze formule kun je ook in symbolen schrijven:

$$p = \frac{F}{A}$$

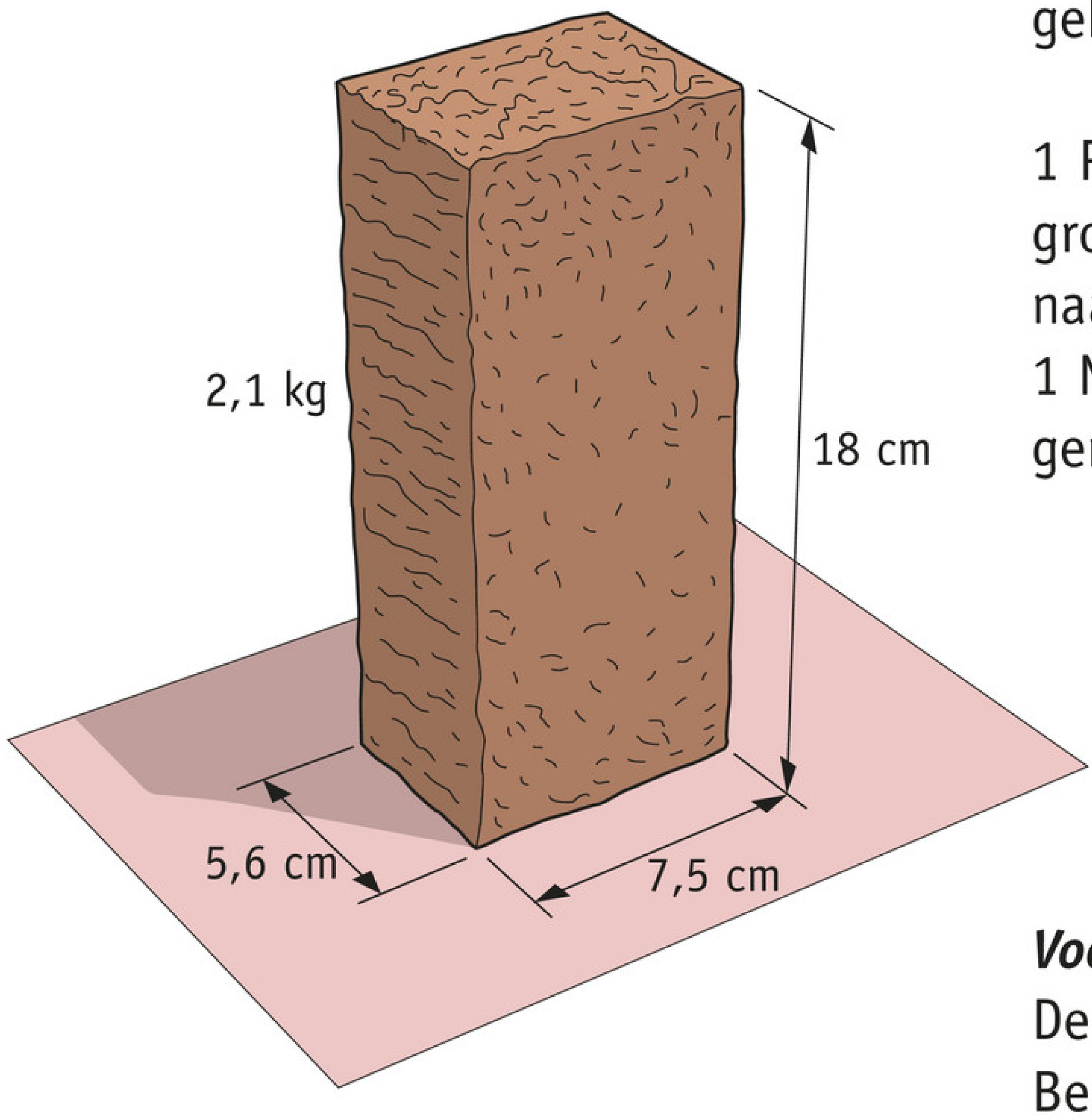
Hierin is p de druk in newton per vierkante meter (N/m^2), F de kracht in newton en A de (contact)oppervlakte in vierkante meter.

Dat de punaise de plank in gaat en niet je vinger, komt door het verschil in druk. Het oppervlak van de punt is klein. Daardoor is de druk op de punt groot. Het oppervlak van de platte kop is groot, waardoor de druk op de kop en op je vinger veel kleiner is dan de druk op de punt van de punaise. Hierdoor gaat de punaise de plank in, en niet dwars door je vinger.

Eenheden van druk

Als je in de formule $p = \frac{F}{A}$ de kracht invult in N en de oppervlakte in m^2, dan vind je de druk in N/m^2.
Omdat deze eenheid zo veel wordt gebruikt, heeft hij een eigen naam gekregen: de pascal (Pa). Onthoud dat 1 Pa hetzelfde is als 1 N/m^2.

1 Pa is maar heel weinig. Als je een kleine kracht (1 N) verdeelt over een groot oppervlak (1 m^2), levert dat maar weinig druk op. Daarom wordt naast de N/m^2 ook de N/cm^2 gebruikt. Bij een druk van 1 N/cm^2 wordt 1 N verdeeld over 1 cm^2. In alledaagse situaties werkt de N/cm^2 vaak gemakkelijker. Dat zie je ook aan het volgende voorbeeld.



▲ **afbeelding 25**
Hoe groot is de druk?

Voorbeeld
De zwaartekracht op de baksteen in afbeelding 25 is 210 N.
Bereken hoeveel druk de baksteen uitoefent.

l = 7,5 cm
b = 5,6 cm
h = 18 cm
m = 2,1 kg

$A = l \cdot b = 7,5 \times 5,6 = 42\ cm^2$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{210}{42} = 5\ N/cm^2$$

De druk kleiner maken

Soms is het belangrijk de druk zo klein mogelijk te houden. Dat is bijvoorbeeld het geval als je over een dikke laag sneeuw probeert te lopen. Dat is niet gemakkelijk, want je zakt er zo in weg. Het oppervlak van je schoenen is klein, waardoor de druk op de sneeuw groot wordt. Je kunt de druk kleiner maken door ski's of sneeuwschoenen onder te doen (afbeelding 26). Je verdeelt je gewicht dan over een groter oppervlak.



◀ **afbeelding 26**
Sneeuwschoenen verlagen de druk.



▶ **afbeelding 27**
De brede banden voorkomen dat de vrachtwagen wegzakt.

De vrachtwagen van afbeelding 27 is erg zwaar. Toch kan hij over het zand rijden zonder erin weg te zakken. Dat komt doordat de banden groot en breed zijn. De banden verdelen het gewicht van de vrachtwagen over een groot oppervlak. Zo wordt voorkomen dat de druk op de bodem te groot wordt.

Sommige vrachtwagens hebben een aantal extra wielen. Als zo'n vrachtwagen leeg is, zie je die extra wielen ongebruikt boven de weg zweven. De wielen worden alleen naar beneden gelaten als er een zware lading moet worden vervoerd. Het gewicht van de vrachtauto en de lading wordt op die manier over meer wielen verdeeld. Dat zorgt ervoor dat de druk niet te hoog wordt.

Je kunt er op twee manieren voor zorgen dat de druk niet te groot wordt:
- door de kracht kleiner te maken;
- door het oppervlak groter te maken.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Funderingen

De krachten op de muren van een huis zijn groot. Niet alleen het gewicht van de muur zelf drukt op de bodem, maar ook het gewicht van het dak, de vloeren, enzovoort. Bij de bouw van huizen moet je ervoor zorgen dat de druk op de bodem niet te groot wordt. Anders zakt het huis langzaam weg. Je kunt de druk op de bodem kleiner maken door het oppervlak te vergroten.

Het oppervlak kun je vergroten door onder de muren een **fundering** aan te brengen. Een fundering is een brede strook beton. Op deze betonstrook wordt de muur gemetseld. Het oppervlak van de fundering is veel groter dan het oppervlak van de bakstenen. Daardoor wordt de druk op de bodem minder groot (afbeelding 28).



▶ **afbeelding 28**
Door de fundering onder de muur wordt de druk kleiner.



BEROEPENORIËNTATIE

Een fundering onder een muur

Een fundering moet niet te groot zijn. Door een te zware fundering zou de druk op de grond juist toenemen. Een bouwkundig constructeur rekent uit wat de juiste afmetingen van een fundering zijn. Daarna wordt er een tekening van gemaakt.

◀ **afbeelding 29**
een bouwkundig constructeur aan het werk





2 Elektriciteit

Elektrische apparaten

Voor veel mensen is een leven zonder elektrische apparaten ondenkbaar. Zelfs op vakantie kunnen ze niet zonder. Op een camping aangekomen, gaan ze meteen op zoek naar een stopcontact voor de televisie, de magnetron en het koffiezetapparaat.

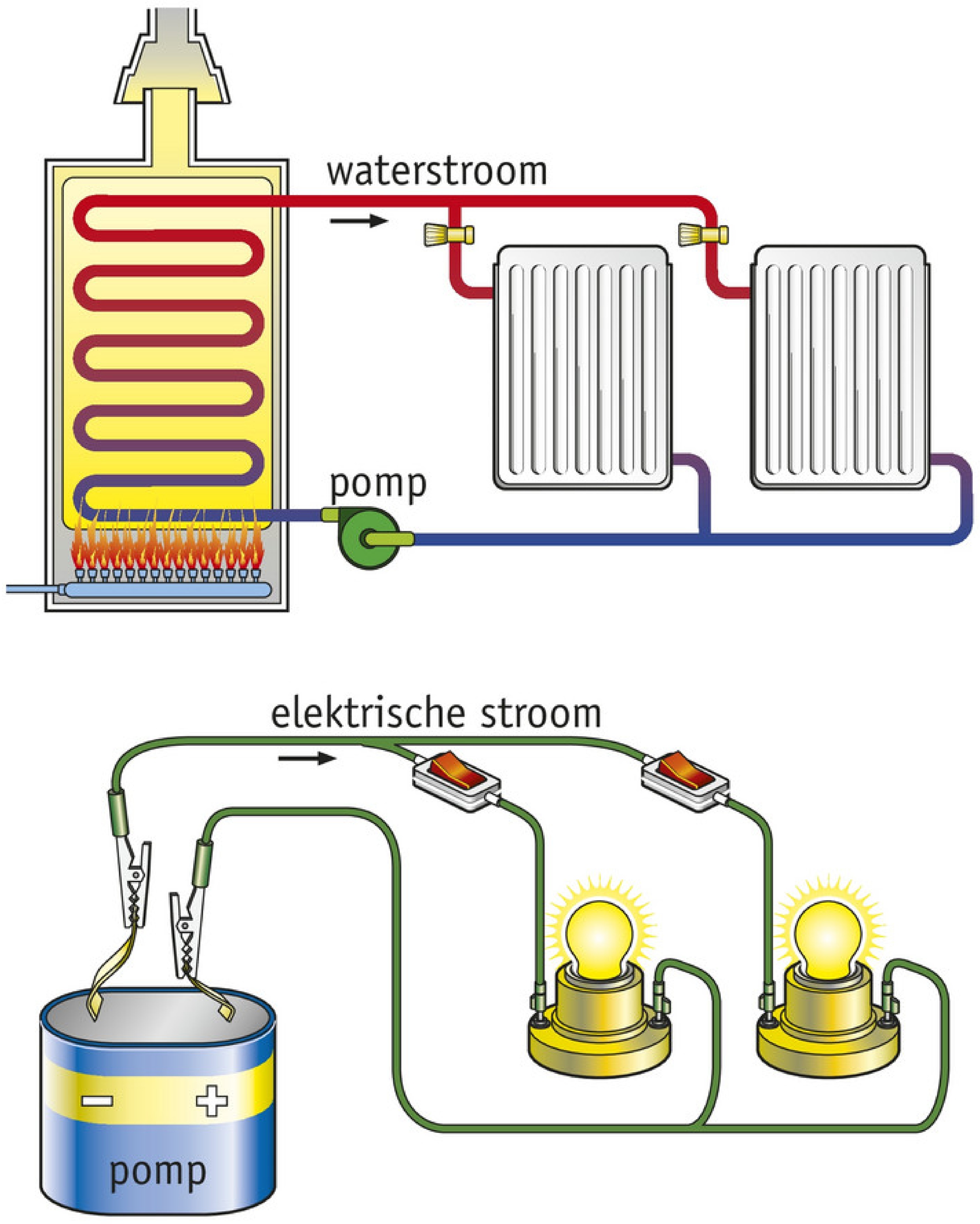
1 Elektrische stroom

Salah zegt: "Door de koplamp van een fiets gaat wel 10× zo veel stroom als door het achterlicht." Met een stroommeter kun je meten of Salah gelijk heeft.

Een elektrische stroomkring

Als je een elektrisch apparaat aanzet, maak je een gesloten stroomkring; er loopt dan via het snoer een elektrische stroom door het apparaat.

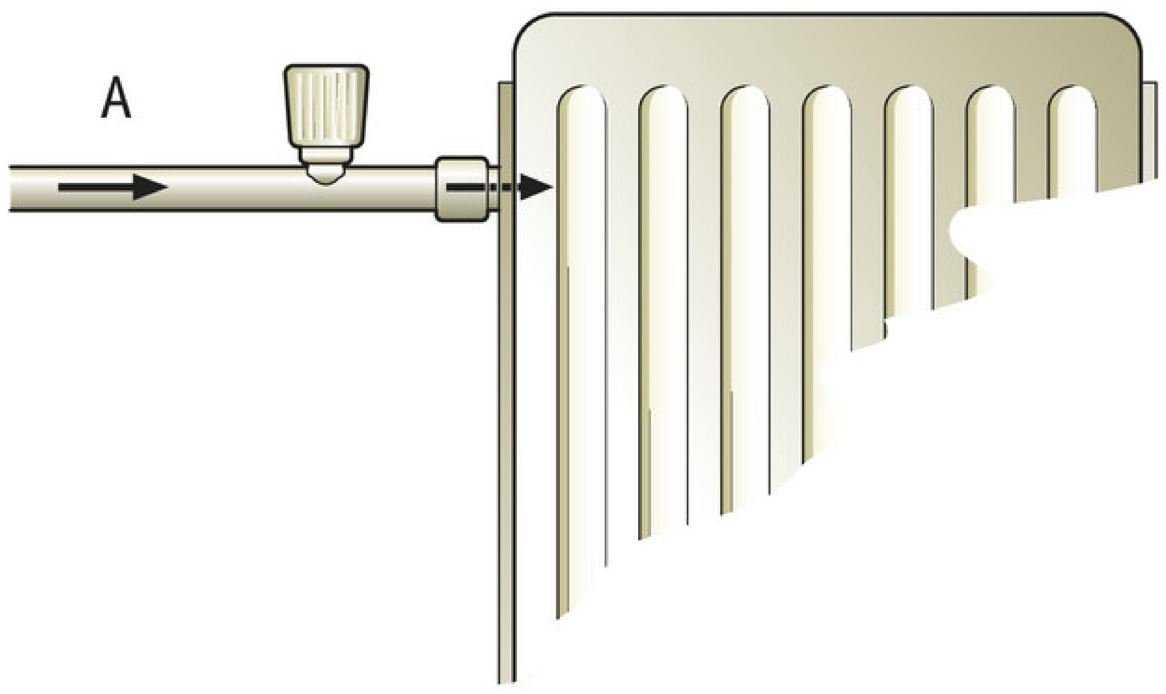
Om te begrijpen hoe de stroom door zo'n stroomkring loopt, kun je een **model** gebruiken. Een goed model is de cv-installatie van een woonhuis. In een cv-installatie stroomt water in een gesloten kring rond (afbeelding 1). Voor het rondstromen van het water wordt gezorgd door een pomp. De stroom kan worden onderbroken door een kraan in de leiding dicht te draaien.



▶ **afbeelding 1**
de cv als model voor een stroomkring

In een stroomkring loopt elektrische stroom in een gesloten kring rond. Voor het rondlopen van de stroom wordt gezorgd door een spanningsbron (de 'pomp'). De stroom kan met een schakelaar (de 'kraan') aan en uit worden gezet.

Bij A passeert elke seconde 0,1 liter water.



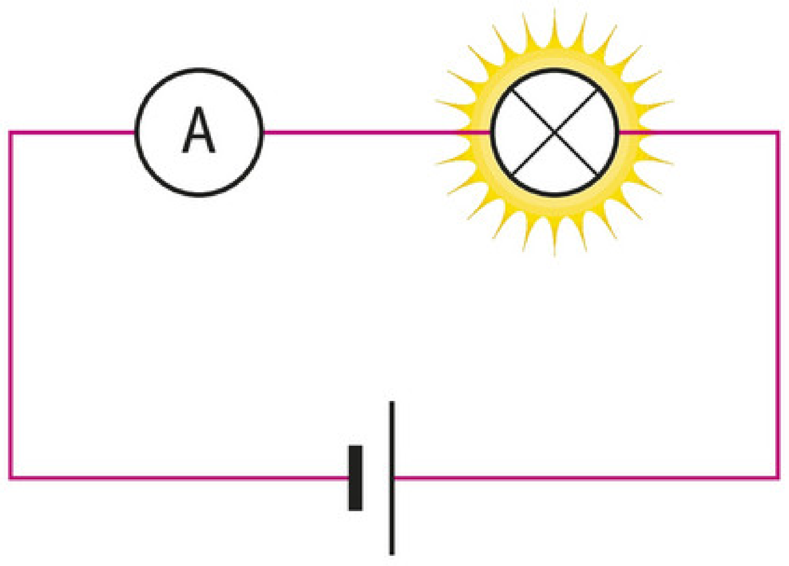
▲ **afbeelding 2**
de stroomsterkte in een cv-buis

De stroomsterkte meten Proef 1

Door een buis van een cv-installatie stroomt water. Je kunt meten hoeveel liter water per seconde een bepaald punt passeert, bijvoorbeeld 0,1 liter per seconde (afbeelding 2). Met een **stroommeter** kun je de **stroomsterkte** meten in een elektrische stroomkring.

In afbeelding 3 zie je hoe je een stroommeter moet aansluiten. Als je de stroomsterkte door het lampje wilt meten, moet je de stroommeter in serie met het lampje schakelen. Alle stroom die door het lampje loopt, gaat ook door de stroommeter. Je kunt de stroomsterkte dan aflezen in ampère (A) of in milliampère (mA), bijvoorbeeld 0,5 A of 500 mA.





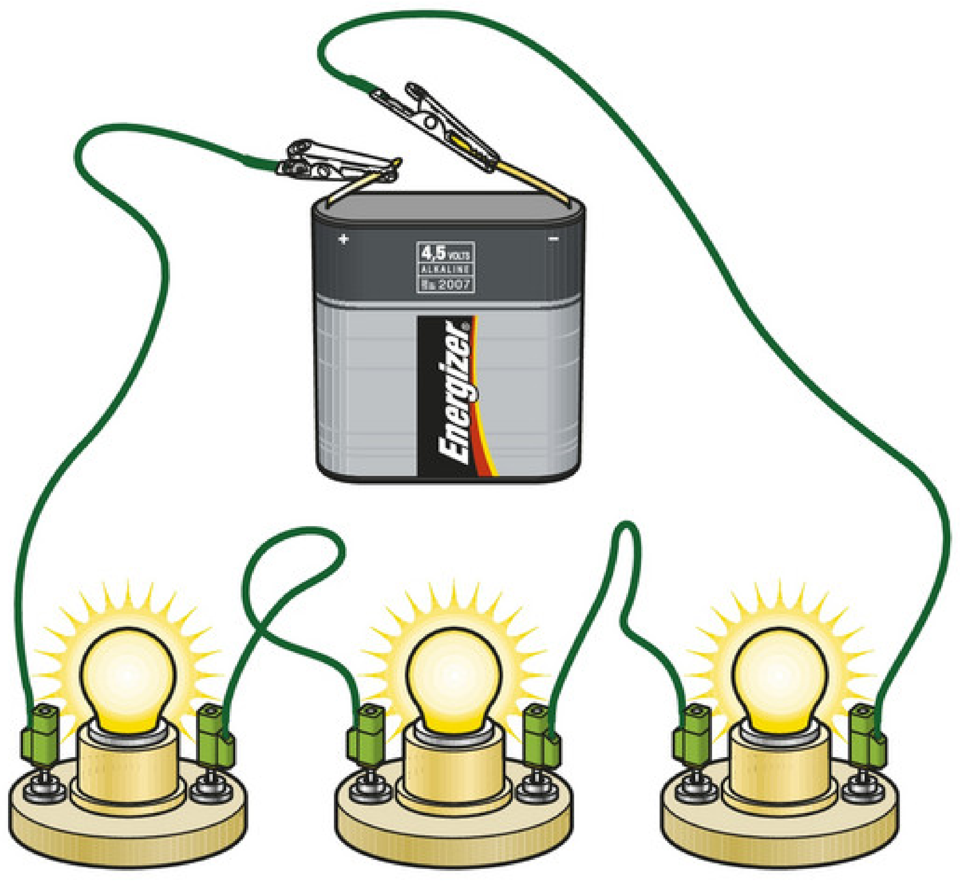
▶ **afbeelding 3**
Zo meet je de stroom door een lampje.

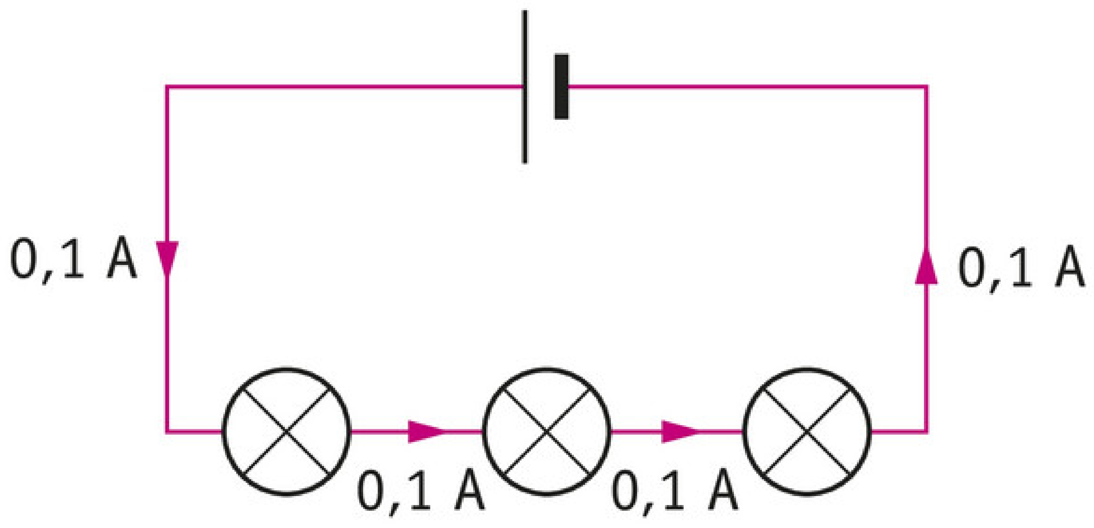
De stroomsterkte in een serieschakeling Proef 2

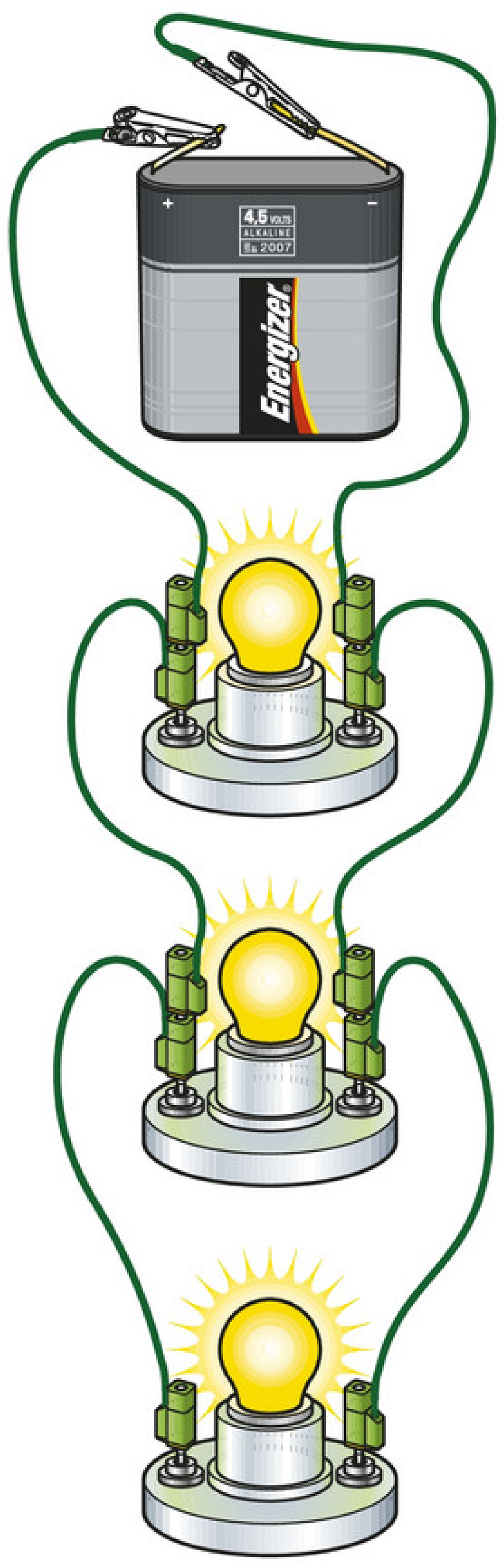
In een serieschakeling kan de stroom maar één route volgen. De stroomsterkte is daardoor overal even groot. Dat kun je begrijpen met het cv-model. Als er aan de ene kant van een buis 1 liter water per seconde binnenstroomt, moet er aan de andere kant ook weer 1 liter water per seconde uitstromen. Onderweg verdwijnt er geen water.

▼ **afbeelding 4**
De stroomsterkte is overal even groot.

Zo zit dat ook met de elektrische stroom die door een serieschakeling loopt. Als je links van een lampje een stroom meet van 0,5 A, meet je ook rechts van het lampje een stroom van 0,5 A. De stroomsterkte is overal even groot (afbeelding 4).

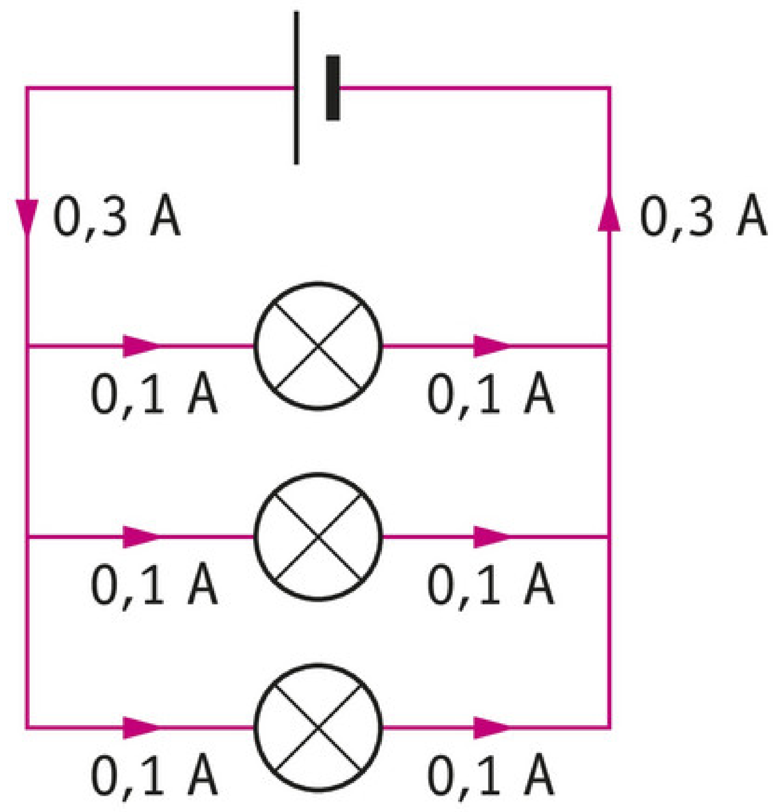






De stroomsterkte in een parallelschakeling Proef 3

Een parallelschakeling heeft vertakkingen en dus kan de stroom meer dan één route 'kiezen' (afbeelding 5). Door elke tak loopt een stroom met een bepaalde sterkte. Als je de totale stroomsterkte door de schakeling wilt weten, moet je de stroomsterktes in alle takken bij elkaar optellen. Ook dat klopt met het cv-model.



◀ **afbeelding 5**
stroomsterktes in een parallelschakeling

Voor de stroomsterkte in een parallelschakeling kun je de rekenregel schrijven als:

totale stroom = stroom door tak 1 + stroom door tak 2 + stroom door tak 3 + …

Voor de stroomsterkte wordt de letter I gebruikt als symbool. In symbolen wordt de rekenregel dan:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$$

Elke vertakking krijgt dus een eigen nummer. Door tak 1 loopt I_1, door tak 2 loopt I_2, enzovoort.

Voorbeeld
In afbeelding 6 zijn drie elektrische apparaten op het lichtnet aangesloten. Bereken de totale stroomsterkte.

$I_1 = 3$ A
$I_2 = 4$ A
$I_3 = 2$ A

$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 3 + 4 + 2 = 9$ A

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



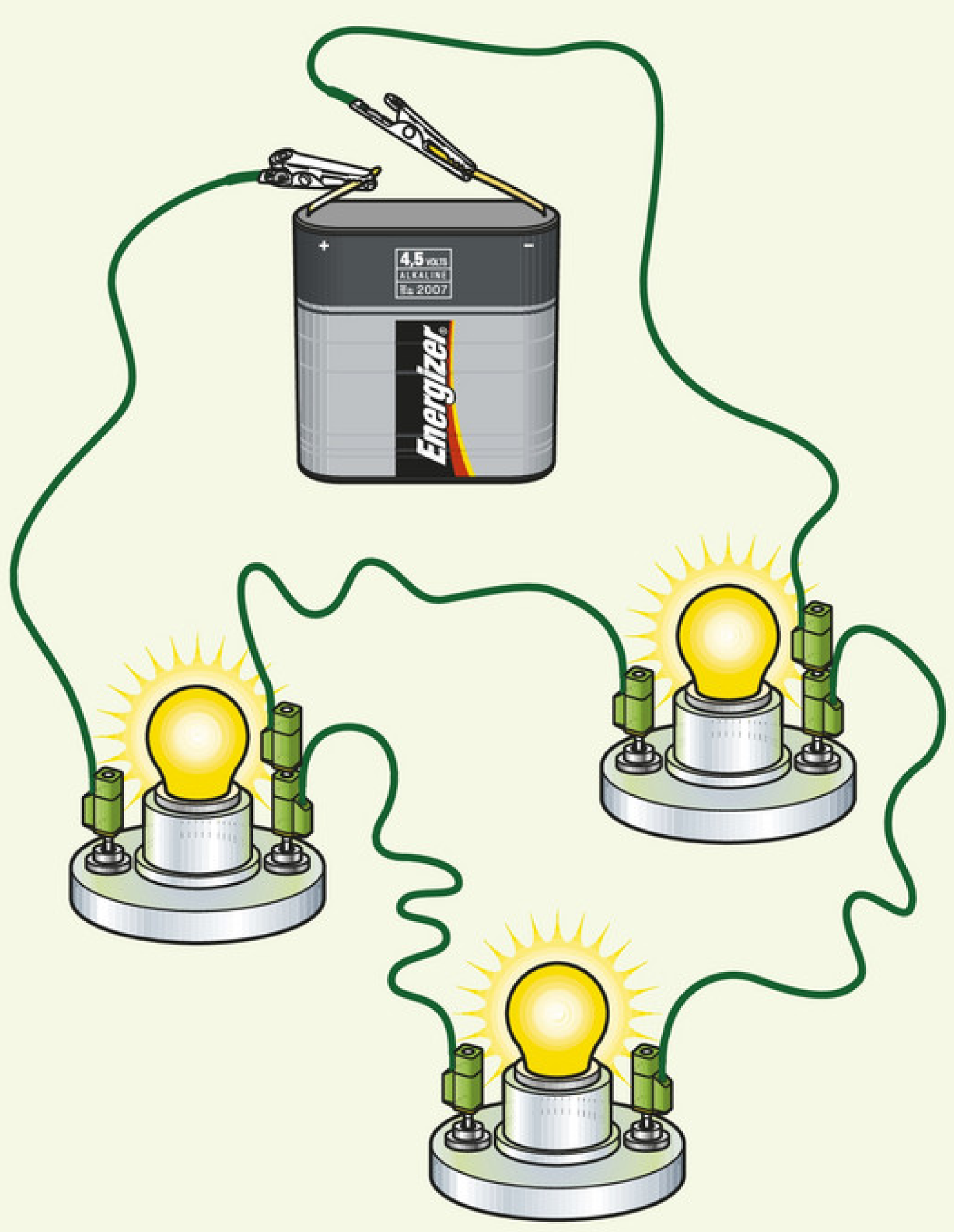
▲ **afbeelding 6**
Hoe groot is de totale stroomsterkte?

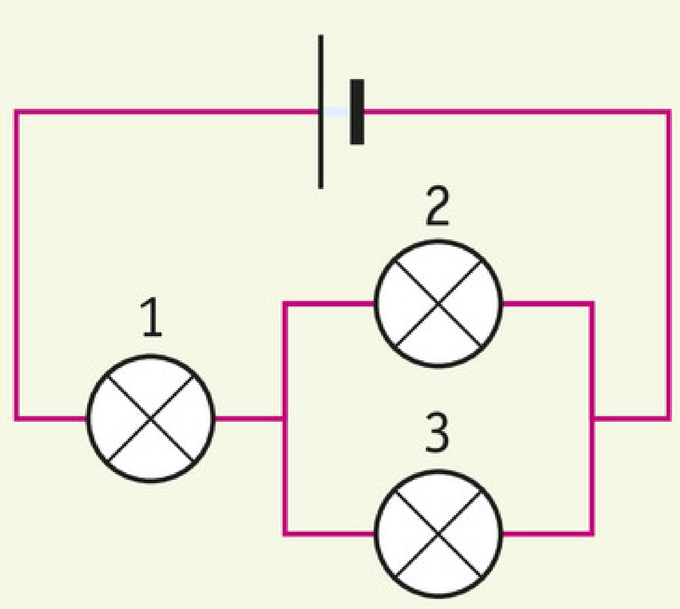
Plus Gemengde schakelingen Proef 4

In een **gemengde schakeling** zijn sommige onderdelen in serie geschakeld en andere parallel. In afbeelding 7 zie je een eenvoudig voorbeeld: de lampjes 2 en 3 zijn parallel aan elkaar geschakeld, maar staan in serie met lampje 1.

Als je lampje 1 losdraait, gaan de lampjes 2 en 3 uit. Je hebt dan geen gesloten stroomkring meer. Maar als je lampje 2 losdraait, blijven de lampjes 1 en 3 gewoon branden. Dat komt doordat er dan nog steeds een gesloten stroomkring is.

Lampje 1 brandt feller dan lampje 2 of lampje 3. Dat dat zo is, kun je begrijpen met het cv-model. De schakeling vertakt zich na lampje 1. De stroom verdeelt zich dan over lampje 2 en lampje 3. Door lampje 1 loopt dus evenveel stroom als door lampje 2 en 3 samen.





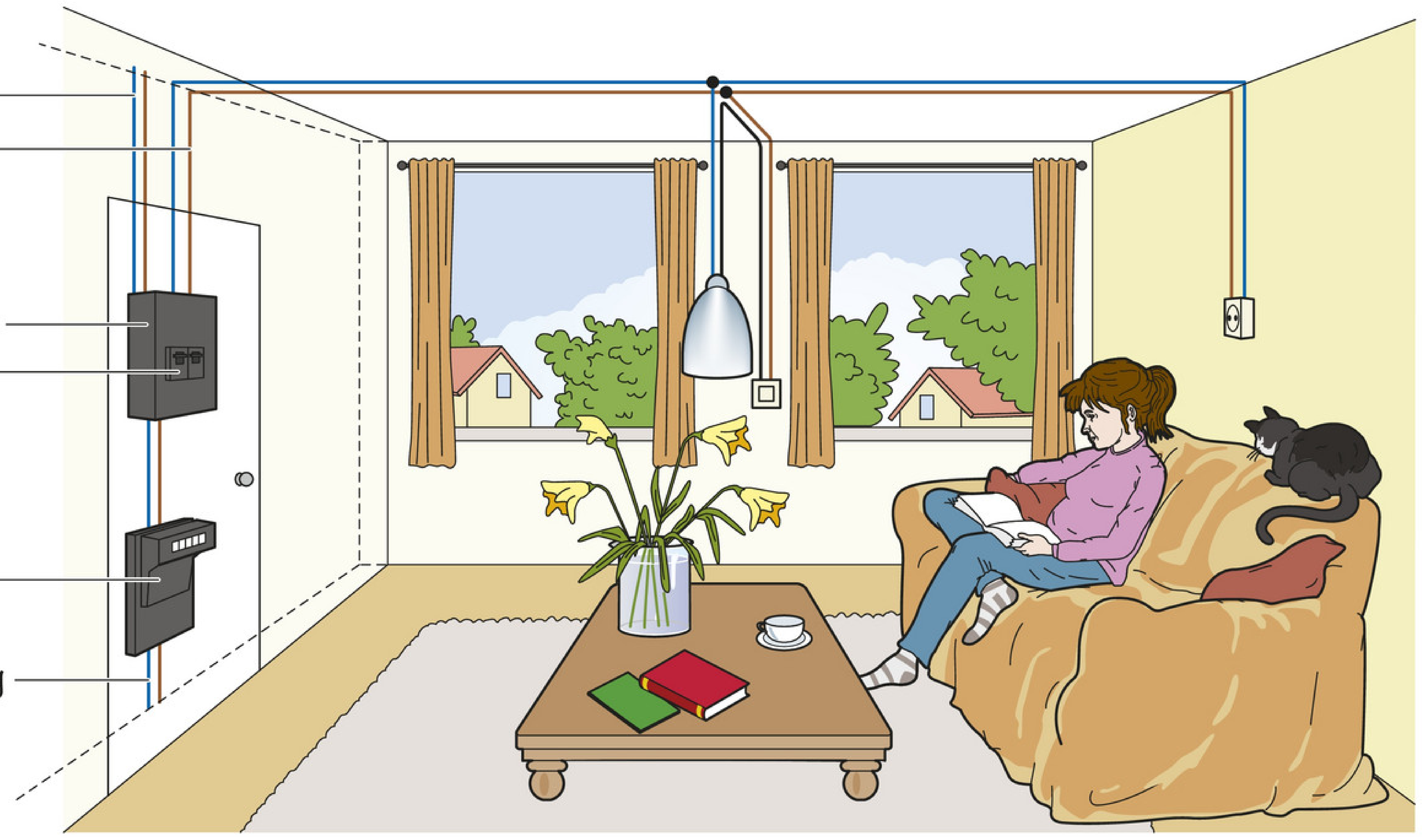
◀ **afbeelding 7**
een gemengde schakeling van drie lampjes

2 Elektriciteit in huis

Rafael heeft kortsluiting gemaakt. Zijn broer wordt boos op hem, omdat zijn spelcomputer is uitgevallen. Een veiligheidssysteem in de elektrische installatie heeft de stroom uitgeschakeld.

De huisinstallatie

Door elk woonhuis loopt een netwerk van elektriciteitsdraden: de **huisinstallatie**. In afbeelding 8 zie je hoe elektrische stroom vanaf de meterkast naar een van de kamers in huis loopt. Na de kilowattuurmeter (kWh-meter) splitst de leiding zich in verschillende groepen. In de meeste huizen heb je vier tot zes groepen. In afbeelding 8 zijn voor de duidelijkheid maar twee groepen getekend.



▶ **afbeelding 8**
een deel van de huisinstallatie

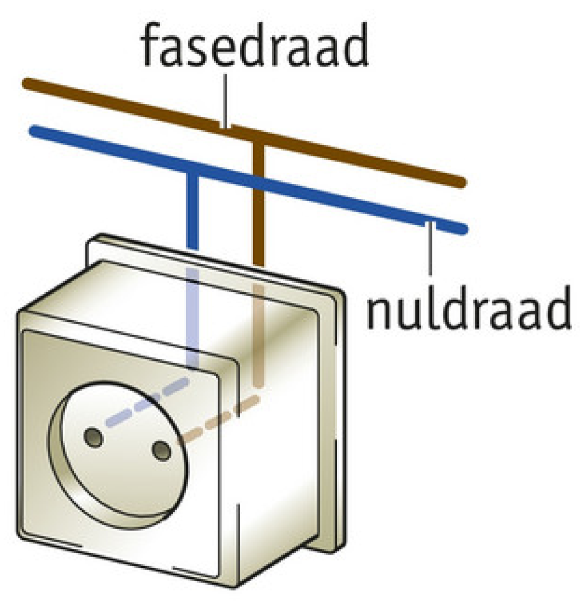


BEROEPENORIËNTATIE

Elektricien

Elektrische energie moet van de centrale naar jouw huis worden vervoerd. Dat gebeurt via dikke kabels waar normaal gesproken een heel hoge spanning van ongeveer 400 000 volt op staat. Die kabels hangen aan hoge masten. De elektricien in afbeelding 9 is aan het werk boven in zo'n mast. Hij moet dus geen hoogtevrees hebben en de spanning moet van de kabels af zijn.

◀ **afbeelding 9**
Een elektricien werkt soms hoog boven de grond.



▲ **afbeelding 10**
Zo wordt een stopcontact aangesloten.

De stopcontacten en lichtpunten van een groep zijn allemaal parallel geschakeld. Elke groep heeft een **groepsschakelaar** waarmee je de spanning van de stopcontacten en lichtpunten af kunt halen.

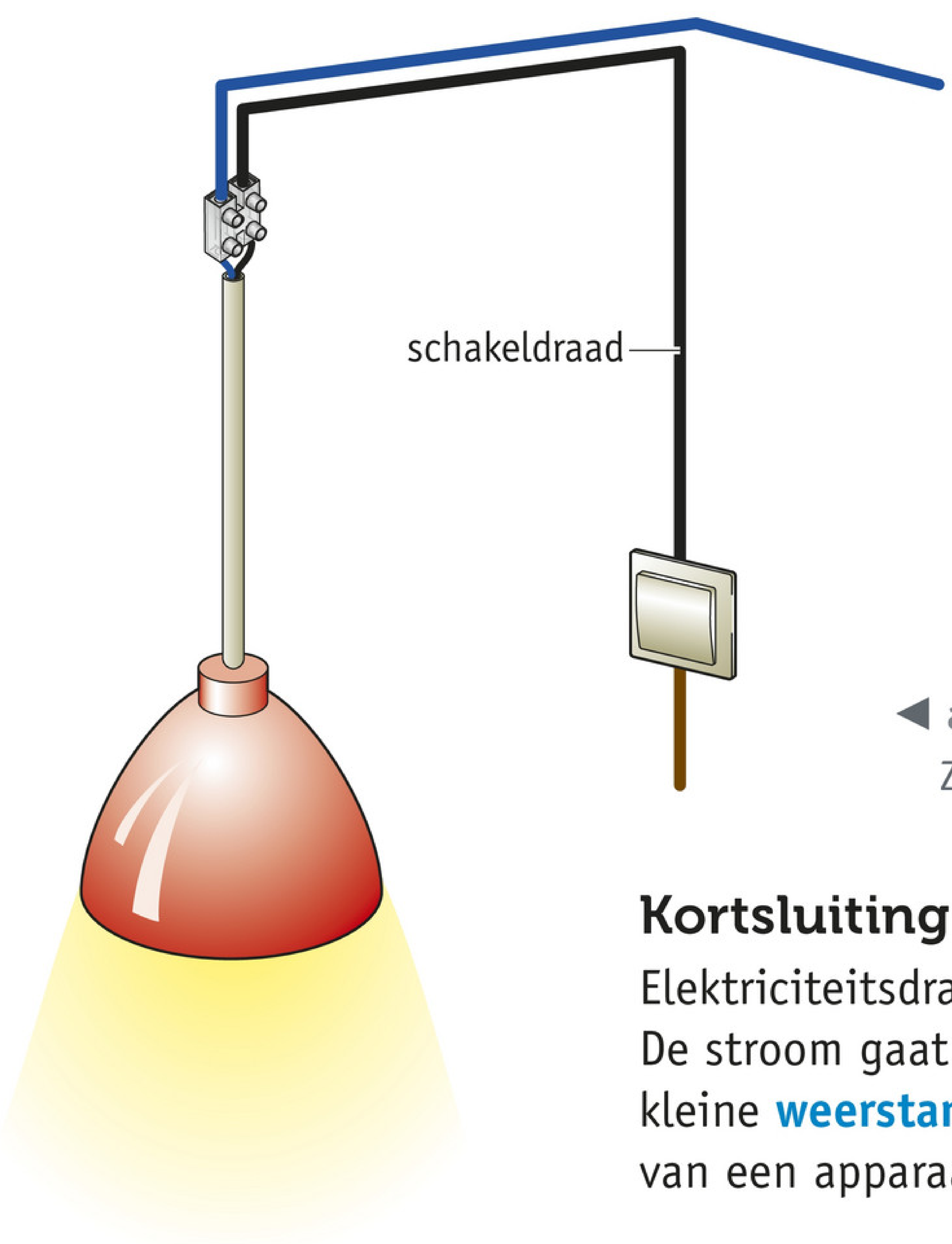
Fasedraad en nuldraad

Voor elk stopcontact en elk lichtpunt is er een aparte vertakking. In afbeelding 10 zie je zo'n vertakking. In het stopcontact zitten twee draden. Deze draden zijn gemaakt van koper, met pvc (een kunststof) als isolatie. De ene draad is de **fasedraad**; deze hoort bruin te zijn. De andere draad is de **nuldraad**; deze hoort blauw te zijn. Aan de kleur kun je de functie van de draad zien.

Op de (bruine) fasedraad staat een spanning van 230 volt. Je moet het koper van deze draad beslist niet aanraken. Als je dat wel doet, zal er stroom door je lichaam lopen: je krijgt een schok.

Op de (blauwe) nuldraad staat normaal gesproken geen spanning. Hij wordt gebruikt om de stroomkring te sluiten. Toch moet je ook een blauwe draad nooit aanraken. Iemand kan de bruine en de blauwe draad per ongeluk hebben omgewisseld. Schakel altijd de spanning uit voordat je een draad vastpakt.

In afbeelding 11 is getekend hoe een hanglamp wordt aangesloten. Van de schakelaar naar de lamp loopt een zwarte draad: de **schakeldraad**. Op de schakeldraad staat alleen spanning als de schakelaar in de aan-stand staat.



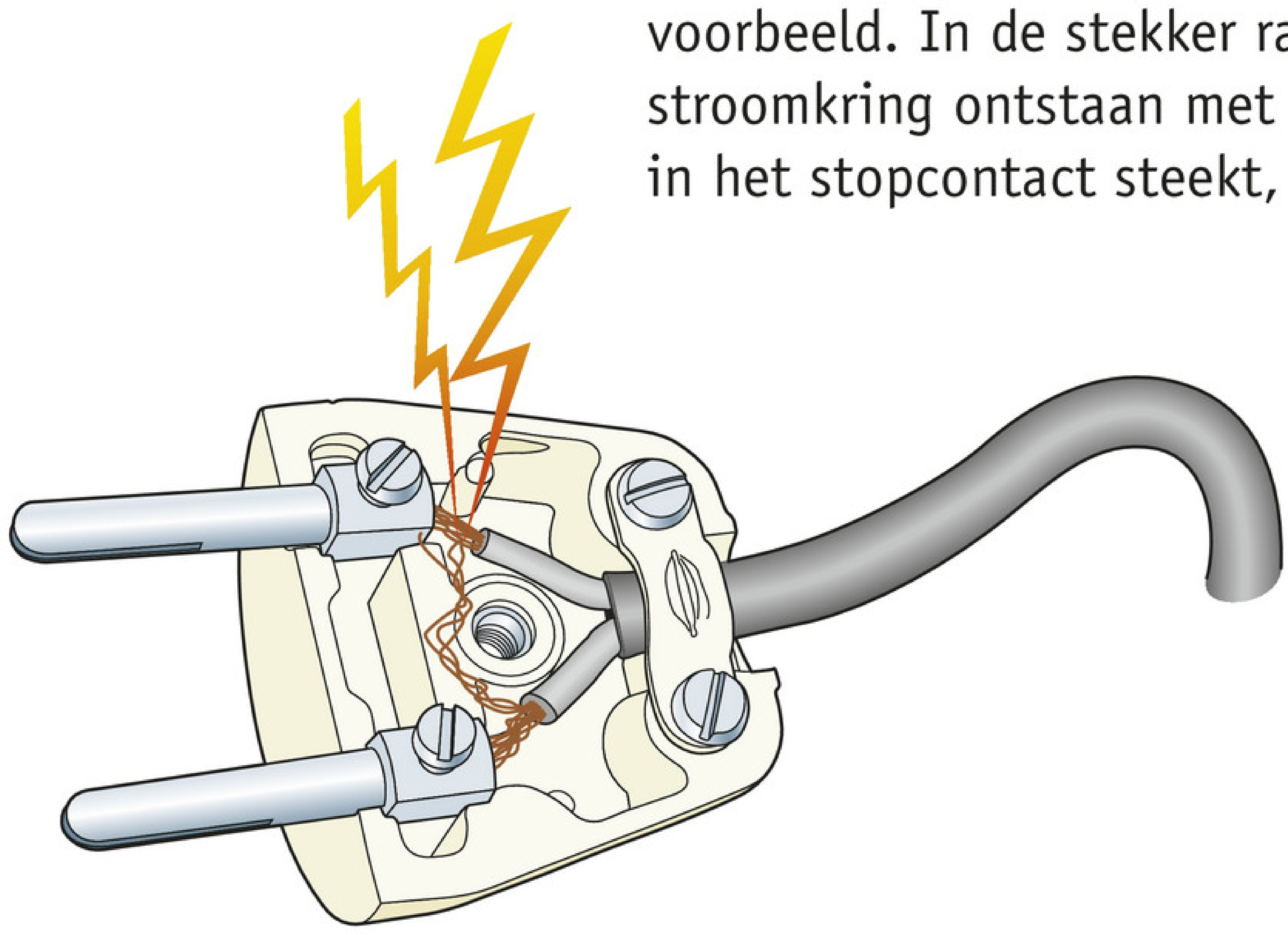
◀ **afbeelding 11**
Zo wordt een hanglamp aangesloten.

Kortsluiting

Elektriciteitsdraden worden gemaakt van dik, goedgeleidend koperdraad. De stroom gaat er gemakkelijk doorheen. Je zegt dan dat de draden een kleine **weerstand** hebben. Dat geldt ook voor het koperdraad in het snoer van een apparaat.

Een elektrisch apparaat heeft een veel grotere weerstand. Daarmee vergeleken is de weerstand van de aansluitdraden te verwaarlozen. De weerstand van het apparaat bepaalt dus hoe gemakkelijk de stroom erdoorheen kan gaan. Hoe groter de weerstand van het apparaat, hoe kleiner de stroomsterkte.

Elektrische apparaten zijn zó ontworpen dat de stroomsterkte niet te groot kan worden. Dat verandert bij **kortsluiting**. De stroom kan dan een andere weg nemen, met een kleinere weerstand. In afbeelding 12 zie je een voorbeeld. In de stekker raken de koperdraden elkaar. Daardoor is er een stroomkring ontstaan met een heel kleine weerstand. Als je de stekker nu in het stopcontact steekt, wordt de stroomsterkte veel te groot.



▲ **afbeelding 12**
kortsluiting in een stekker

Overbelasting

Er mogen niet te veel apparaten tegelijk op één groep worden aangesloten. In dat geval wordt de **totale stroomsterkte** namelijk te groot. Er ontstaat **overbelasting**; de leidingen van de meterkast naar de vertakkingen moeten dan te veel stroom verwerken.

De totale stroomsterkte in één groep mag niet groter worden dan 16 A. Dat is de grootste waarde die nog veilig is. Het koperdraad in de elektriciteitsleidingen is op deze stroomsterkte berekend. Als de stroomsterkte stijgt tot boven 16 A, wordt het koperdraad heet en ontstaat er brandgevaar.

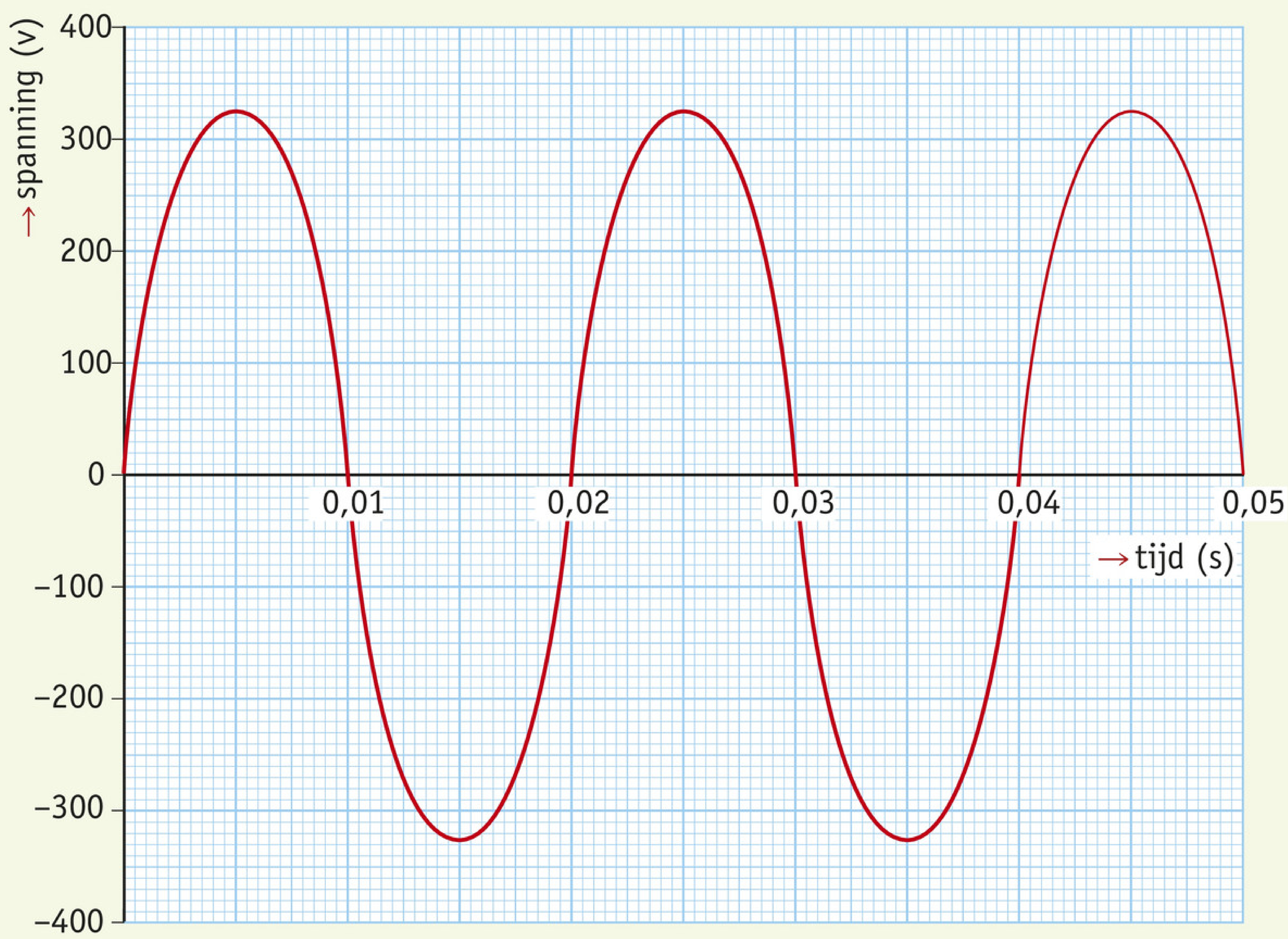
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Wisselspanning

Een batterij of een accu heeft twee polen: een **pluspool** en een **minpool**. De stroom loopt altijd van de pluspool door de stroomkring naar de minpool. Als de batterij of de accu 'leeg begint te raken', kan er geen stroom meer lopen. Een spanning die een stroom van een pluspool naar een minpool laat lopen, noem je **gelijkspanning**.

Het lichtnet levert een andere spanning, waarbij de stroom steeds van richting wisselt. Zo'n spanning noem je **wisselspanning**. In afbeelding 13 is getekend hoe de spanning verandert. Je ziet een golfpatroon dat zich 50× per seconde herhaalt. Het aantal keren dat het golfpatroon zich herhaalt, noem je de **frequentie**. De frequentie wordt aangegeven met de eenheid hertz (Hz). De frequentie van het lichtnet is dus 50 Hz.

Het maakt niet uit of je een lamp aansluit op wisselspanning of op gelijkspanning van 230 V. In beide gevallen geeft de lamp evenveel licht. Daarom zeg je dat de 'effectieve spanning' van het lichtnet 230 V is.



▶ **afbeelding 13**
een wisselspanning van 50 Hz en 230 V

3 Vermogen en energie

De lampen van een voetbalstadion hebben samen een vermogen van 432 kW. De voetbalclub zal dus elk jaar een hoge rekening van het energiebedrijf krijgen.

Het vermogen van een apparaat

Op elk elektrisch apparaat staat aangegeven hoeveel elektrische energie het per seconde verbruikt (afbeelding 14). Dit wordt het **vermogen** van het apparaat genoemd. Je geeft dit aan met de letter *P*. De bijbehorende eenheid is de watt (W).
Apparaten met een klein vermogen verbruiken per seconde weinig elektrische energie. Apparaten met een groot vermogen verbruiken per seconde veel elektrische energie.



▲ **afbeelding 14**
Hoe groot is het vermogen van deze spaarlamp?

▼ **tabel 1** het vermogen van enkele elektrische apparaten

apparaat	vermogen
elektrische wekker	2 W
bureaulamp met spaarlamp	7 W
mixer	350 W
klopboor	700 W
koffiezetapparaat	750 W
magnetron	1000 W
föhn	2000 W

In tabel 1 staat het vermogen van enkele veelgebruikte apparaten. Het gaat om doorsnee modellen die overal te koop zijn. Het vermogen staat meestal vermeld op het typeplaatje (afbeelding 15).



◀ **afbeelding 15**
het typeplaatje van een broodrooster

Het vermogen van een apparaat berekenen Proef 5

Het vermogen (P) van een apparaat hangt af van:
- de spanning (U) waarop het apparaat werkt;
- de stroomsterkte (I) die door het apparaat loopt.

Je kunt het vermogen berekenen met de formule:

vermogen = spanning × stroomsterkte

Of in symbolen:

$$P = U \cdot I$$

Als je de spanning invult in volt en de stroom in ampère, vind je het vermogen in watt.

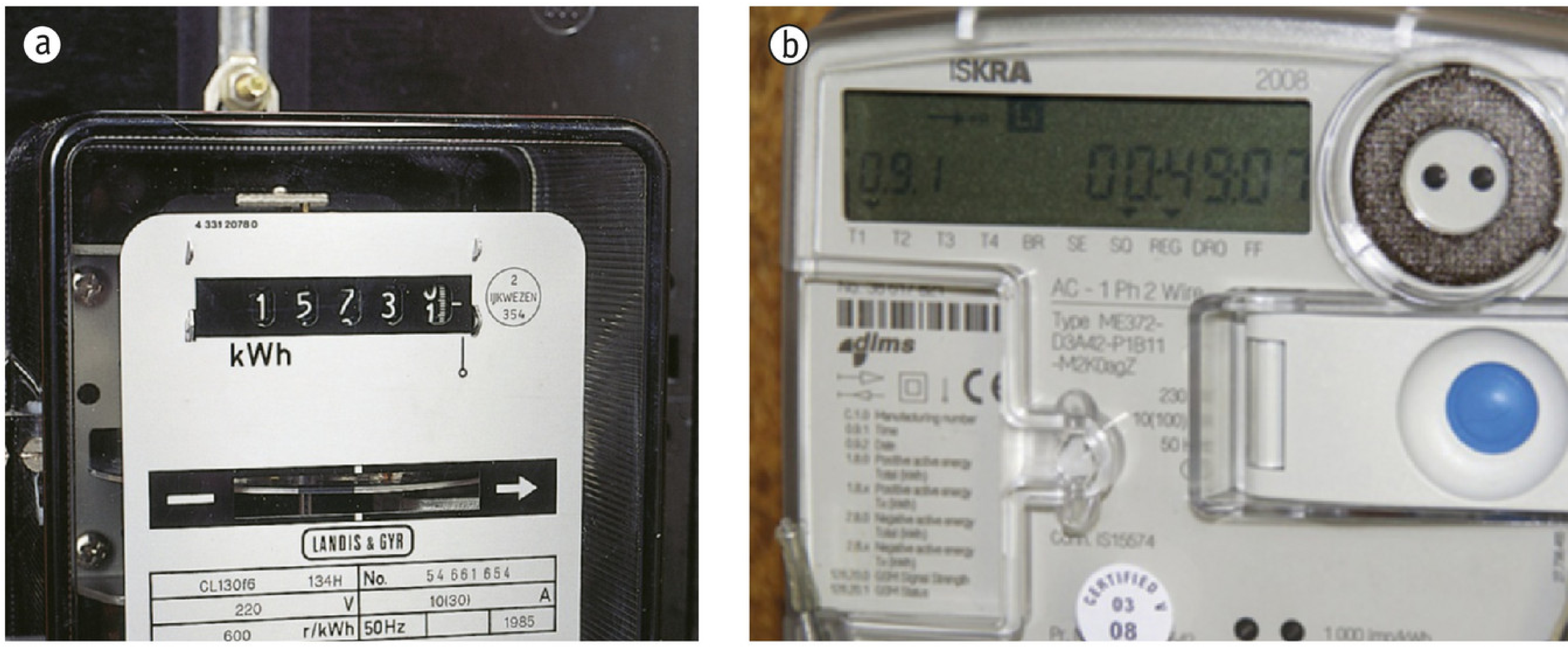
Voorbeeld
Op een fietslampje staat: 6 V en 0,1 A.
Hoe groot is het vermogen van dit lampje als het op de juiste spanning wordt aangesloten?

$P = U \cdot I = 6 \times 0{,}1 = 0{,}6$ W

Het elektrische energieverbruik meten

Het elektriciteitsbedrijf levert de elektrische energie niet gratis. Daarom is in elk huis een meter geplaatst. Deze meter houdt bij hoeveel elektrische energie er door alle elektrische apparaten samen wordt verbruikt. Die hoeveelheid elektrische energie wordt gemeten in kilowattuur (kWh). Daarom wordt zo'n meter een **kilowattuurmeter** (kWh-meter) genoemd (afbeelding 16).

De prijs van 1 kWh elektrische energie is ongeveer € 0,25. Als je de meterstand aan het begin en het eind van het jaar noteert, kun je dus uitrekenen hoeveel geld je kwijt bent aan elektrische energie. In 2013 lag het gemiddelde jaarverbruik van een gezin van vier personen op 4600 kWh.



▶ **afbeelding 16**
Een kWh-meter meet het verbruik van elektrische energie.
a een oud model kWh-meter
b een digitale kWh-meter

Steeds meer mensen hebben een ‘slimme meter’ in huis. Dat is een digitale meter waarmee het energiebedrijf de meterstanden op afstand kan aflezen. De slimme meter kan gekoppeld worden aan een pc of een display, waarop je direct het verbruik kunt aflezen. Zo kun je goed zien waar je energie kunt besparen.

Het elektrische energieverbruik berekenen

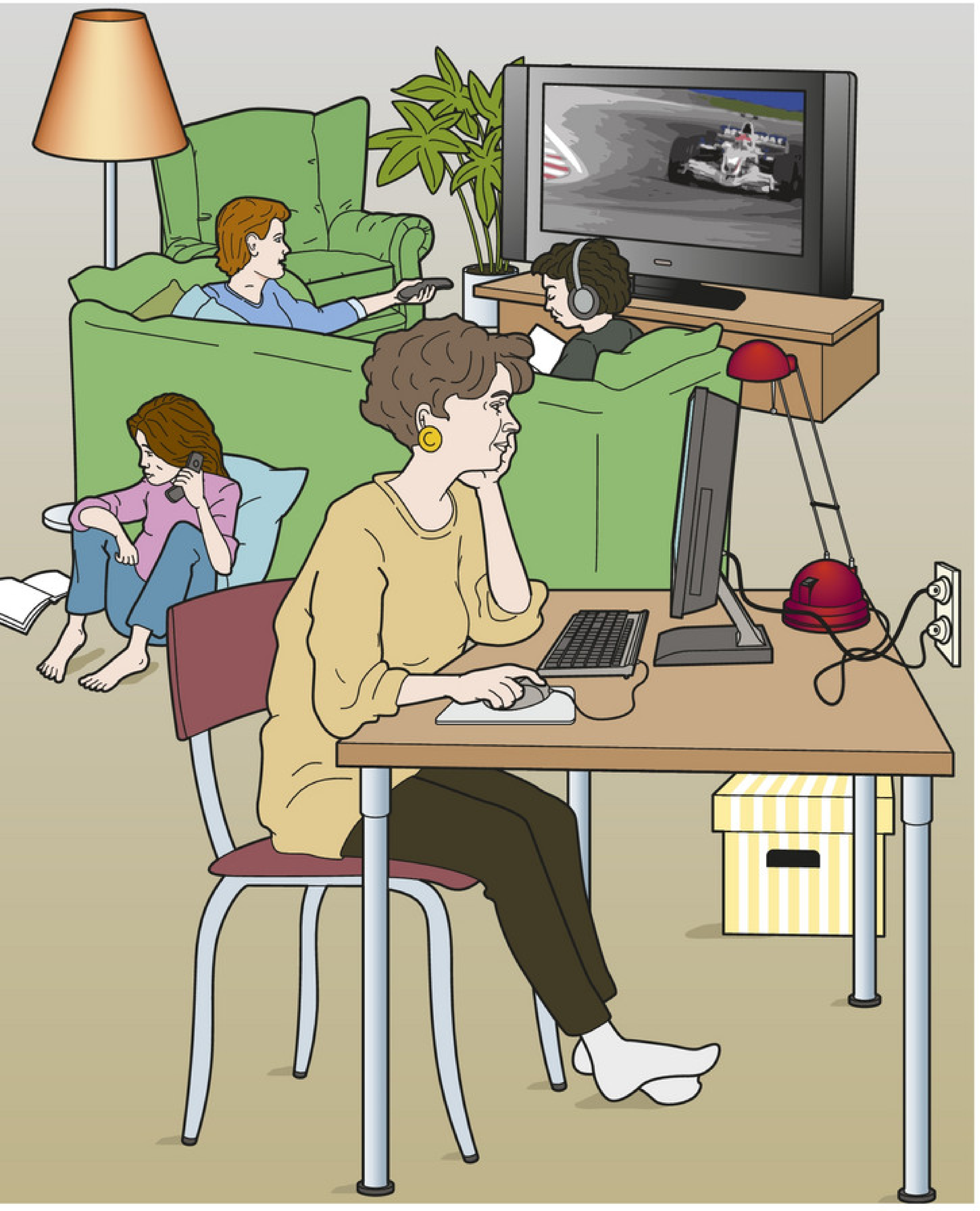
Je kunt ook berekenen hoeveel elektrische energie een apparaat heeft verbruikt. Daarvoor moet je twee dingen weten: het vermogen van het apparaat en de tijd die het heeft aangestaan.
Het energieverbruik (E) vind je door het vermogen (in kW) te vermenigvuldigen met de tijd (in uur, de ‘h’ komt van het Engelse woord voor uur: *hour*). De eenheid voor energieverbruik is dan kWh.

De formule voor de berekening van het energieverbruik is:

energieverbruik = vermogen × tijd

Of in symbolen:

$E = P \cdot t$



▲ **afbeelding 17**
Elektrische energie is onmisbaar.

Het vermogen van een elektrisch apparaat wordt vaak opgegeven in watt. In dat geval moet je eerst het vermogen omrekenen naar kilowatt. Bijvoorbeeld: 75 watt = 0,075 kilowatt (delen door 1000).

Als er verschillende apparaten gedurende dezelfde tijd aanstaan, mag je de vermogens van de apparaten bij elkaar optellen. Daarna kun je in één keer berekenen hoeveel elektrische energie ze samen hebben verbruikt.

Voorbeeld
Op een avond branden van 19.00 tot 22.00 uur vier lampen van 15 W. Bovendien staan een tv van 120 W en een computer van 250 W aan (afbeelding 17).
Bereken het energieverbruik van al deze apparaten samen.
Bereken ook hoeveel je moet betalen voor de verbruikte elektrische energie als 1 kWh € 0,25 kost.

P = 60 W + 120 W + 250 W = 430 W = 0,43 kW
t = 3 h

$E = P \cdot t$ = 0,43 × 3 = 1,29 kWh

1,29 × € 0,25 = € 0,32

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De Power Monitor

Veel apparaten hebben een vermogen dat kan veranderen. Denk bijvoorbeeld aan een wasmachine. Tijdens het wassen worden de waterpomp, de verwarmingselementen en de elektromotor om de beurt aan- en uitgezet. Het vermogen van de wasmachine verandert daardoor steeds: de ene keer wordt het groter, de andere keer kleiner.

Op het typeplaatje van een wasmachine staat alleen het **maximaal vermogen** vermeld (het grootste vermogen dat kan voorkomen). Als je het energieverbruik uitrekent met dit vermogen, is de uitkomst veel te hoog. Om het echte energieverbruik te vinden, moet je rekening houden met alle verschillende vermogens.

Gelukkig is er een handige energiemeter in de handel die het energieverbruik automatisch berekent. Deze Power Monitor steek je in een stopcontact. Daarna sluit je er de wasmachine op aan, of een ander elektrisch apparaat, zoals een airconditioner (afbeelding 18). Op het display verschijnen dan de spanning, de stroomsterkte, het vermogen, het totale elektrische energieverbruik, de kosten en de tijd waarover deze gegevens zijn berekend.



▶ **afbeelding 18**
De Power Monitor meet het energieverbruik van een airconditioner.

4 Elektriciteit en veiligheid

Elektriciteit is in een vochtige omgeving nog gevaarlijker. Daarom moeten in keukens en badkamers extra veiligheidsmaatregelen worden genomen. Ook de apparaten in deze ruimtes moeten extra veiligheidsvoorzieningen hebben.

Gevaren van elektriciteit

Kortsluiting en overbelasting kunnen tot gevaarlijke situaties leiden. Als draden te veel stroom moeten verwerken, worden ze erg heet. Daardoor kan brand ontstaan.

Elektriciteit heeft nog een ander gevaar. Als je iets aanraakt waar spanning op staat, krijg je een schok. Er loopt dan stroom door je lichaam. Daardoor gaan je spieren samentrekken. Hoe sterker de stroom is, hoe ernstiger de gevolgen zijn (afbeelding 19). Omdat je hart ook een spier is, kan een schok levensgevaarlijk zijn. In tabel 2 staan de effecten van stroom op je lichaam.

Jongetje bijna geëlektrocuteerd

HAARLEM – Een zevenjarig jongetje uit Haarlem is vrijdagmiddag zwaargewond geraakt, toen hij aan de bovenleiding van een spoorlijn ging hangen. Het knaapje, dat samen met zijn vijfjarige broertje op het spoorwegemplacement in Haarlem boven op het dak van een hoge goederenwagon was geklommen, sprong naar de hoogspanningsdraad. Daarbij kwam hij tegelijk met de bovenleiding en met de wagon in aanraking en kreeg hij een stroomstoot door zich heen. Hij is met ernstige brandwonden opgenomen in een ziekenhuis.

▲ **afbeelding 19**
stroom kan gevaarlijk zijn

Hoeveel stroom je lichaam te verwerken krijgt, hangt af van de weerstand die de stroom ondervindt. Je lichaam zelf geleidt de stroom vrij goed; je **lichaamsweerstand** is niet zo groot. De stroom ondervindt de meeste weerstand op de plaatsen waar hij het lichaam in- en uitgaat. Dit noem je de **contactweerstand**.

Als je huid droog is, is de contactweerstand behoorlijk groot. Maar als je huid vochtig is, is de contactweerstand veel kleiner. In vochtige ruimtes moet je dus extra voorzichtig zijn met elektriciteit.

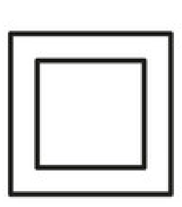
▼ **tabel 2** het effect van stroom op je lichaam

stroomsterkte	verschijnsel
1 mA	net te voelen
10 mA	prikkelende ervaring
15 mA	spiersamentrekking
15-100 mA	pijn, bewusteloosheid, moeite met ademhalen
100-500 mA	hartproblemen
meer dan 1 A	brandwonden, levensgevaar

Enkele en dubbele isolatie

Draden waar stroom doorheen loopt, worden goed geïsoleerd. Dat voorkomt dat je een schok krijgt als je een van die draden beetpakt. De isolatie is ook nodig om kortsluiting te voorkomen.

Sommige elektrische apparaten worden zelfs dubbel geïsoleerd. De onderdelen waar de stroom doorheen loopt, krijgen een isolatielaag. Bovendien wordt de buitenkant van het apparaat van een niet-geleidende kunststof gemaakt. Die **dubbele isolatie** geeft extra veiligheid (afbeelding 20).



▲ **afbeelding 20**
het symbool voor dubbele isolatie



▲ **afbeelding 21**
goedgekeurd door de KEMA

Elektrische apparaten moeten stevig in elkaar zitten en goed geïsoleerd zijn. Dit wordt gekeurd door de KEMA (Keuring van Elektrotechnische Materialen) in Arnhem. Als het KEMA-KEUR op een apparaat staat, is het met de isolatie wel in orde (afbeelding 21).

Zekeringen Proef 6

De elektriciteitsleidingen in huis zijn beveiligd met zekeringen. Elke groep heeft een eigen **zekering**. Als de stroomsterkte in een groep te groot wordt, schakelt de zekering de stroom uit. De leidingen kunnen dan niet zo heet worden dat er brandgevaar ontstaat.



▲ **afbeelding 22**
Dit is een meterkast met elektronische zekeringen. In twee groepen is de stroom uitgeschakeld.

In een moderne huisinstallatie worden elektronische zekeringen gebruikt (afbeelding 22). Een **elektronische zekering** heeft een hefboompje dat 'omklapt' als de stroom wordt uitgeschakeld. Zo zie je meteen in welke groep de storing zit. Als de storing is opgelost, kun je de stroom weer inschakelen door het hefboompje over te halen.

Een **smeltveiligheid** is een ouderwets soort zekering. In oudere huizen kom je ze nog tegen. In een smeltveiligheid zit een dunne draad die gemakkelijk smelt. Een zekering van 10 A smelt door als de stroomsterkte groter wordt dan 10 A. Een zekering van 16 A smelt door als de stroomsterkte groter wordt dan 16 A. Een smeltveiligheid kan maar één keer de stroom uitschakelen. Daarna is hij kapot en moet je hem vervangen door een nieuwe.

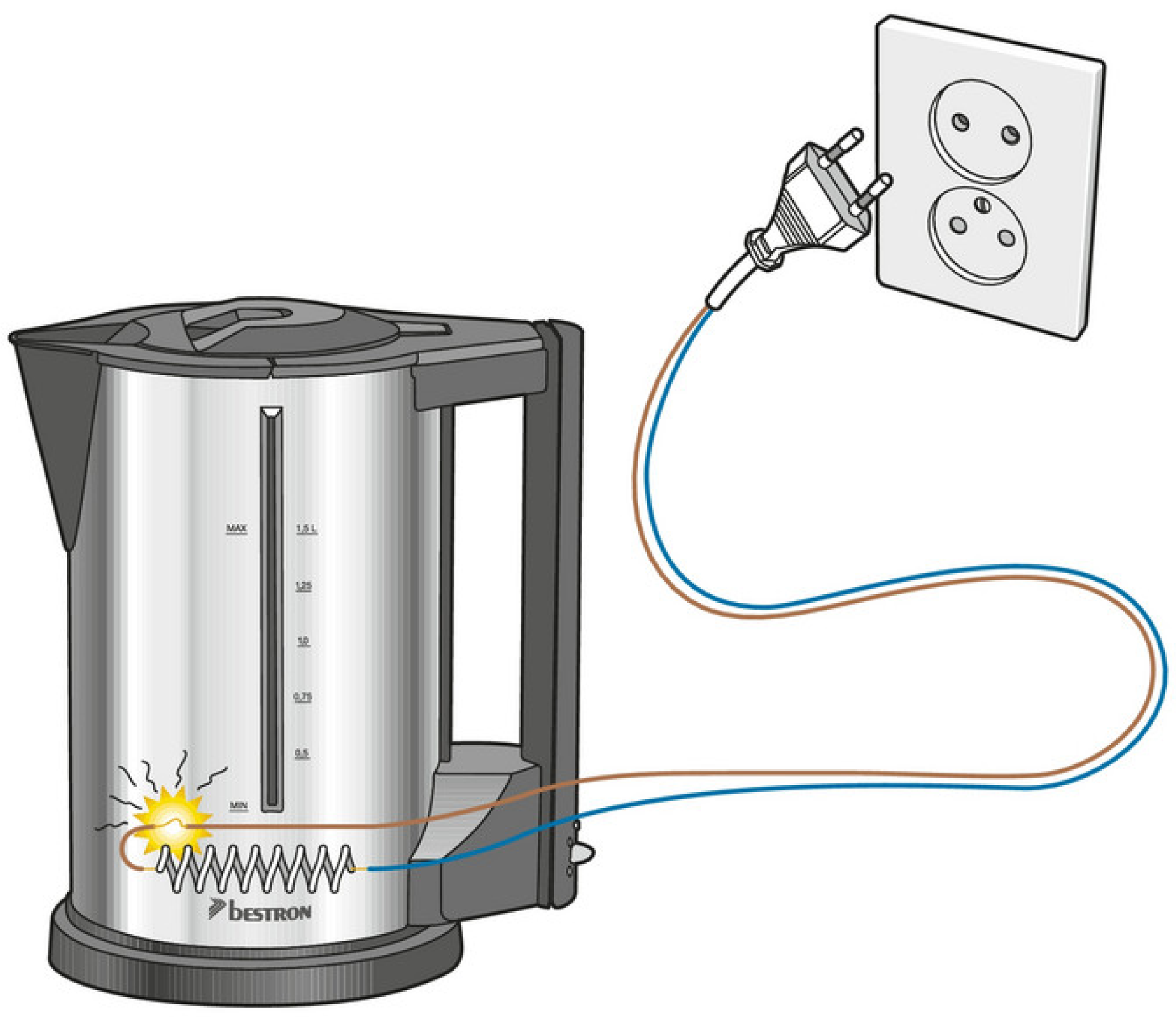
De aardlekschakelaar

In de meterkast vind je behalve zekeringen ook een of meer aardlekschakelaars (afbeelding 23). In de **aardlekschakelaar** wordt de stroom in de fasedraad vergeleken met de stroom in de nuldraad. Als beide stroomsterktes even groot zijn, laat de aardlekschakelaar de stroom gewoon door.



▶ **afbeelding 23**
Met de testknop kun je controleren of de aardlekschakelaar goed werkt.

Soms gebeurt het dat er ergens stroom 'weglekt', bijvoorbeeld doordat de isolatie van een apparaat kapot is. In dat geval zijn de stroom in de fasedraad en de stroom in de nuldraad niet even groot. Als het verschil groter is dan 30 mA, schakelt de aardlekschakelaar de spanning uit. Je kunt dan niet meer onder spanning komen te staan als je het kapotte apparaat aanraakt.
Een lekstroom is meestal te klein om een zekering door te laten slaan. De aardlekschakelaar geeft dus een extra beveiliging.



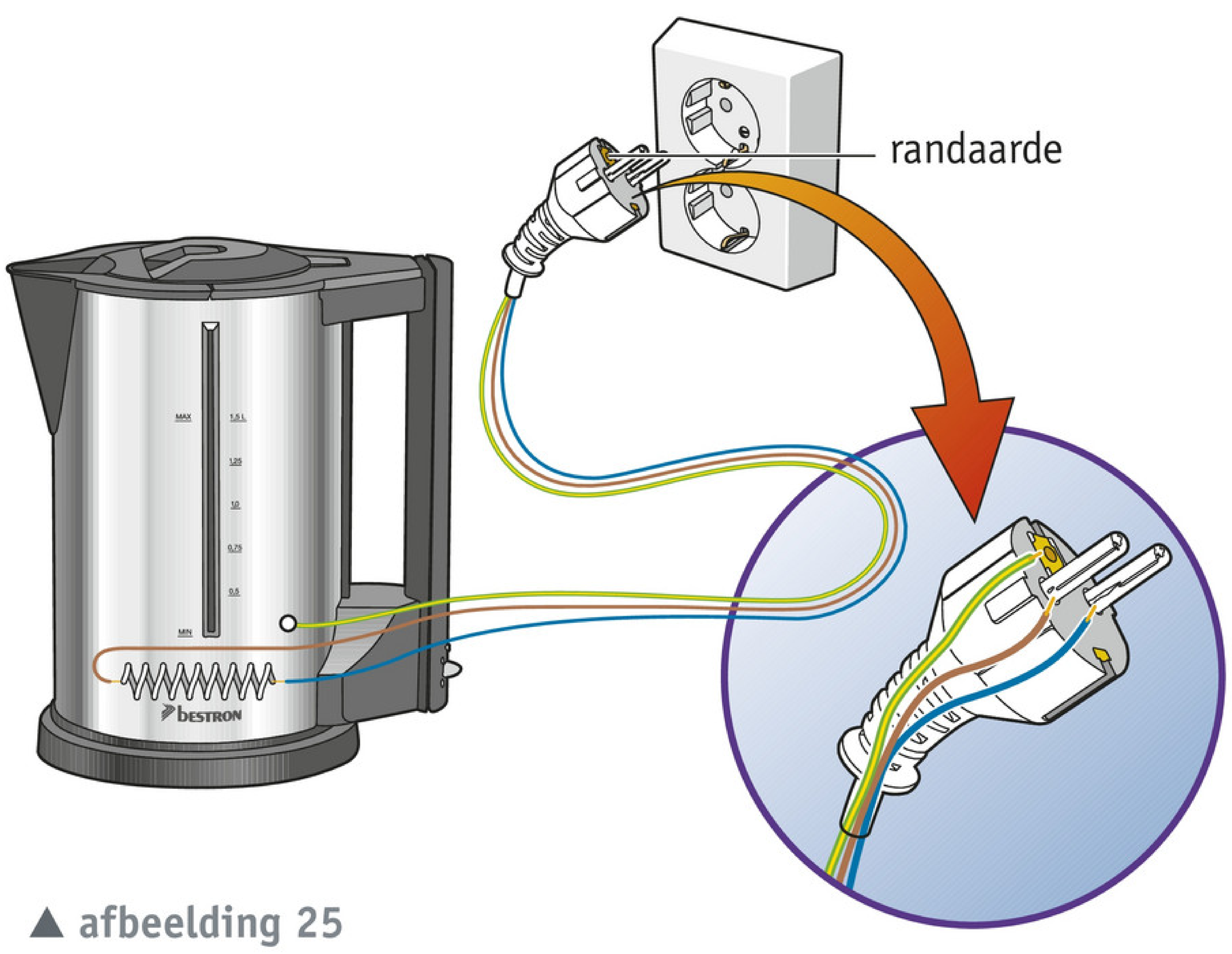
▲ **afbeelding 24**
Als je de stekker in het stopcontact doet, krijg je een schok: gevaarlijk!

Randaarde Proef 7

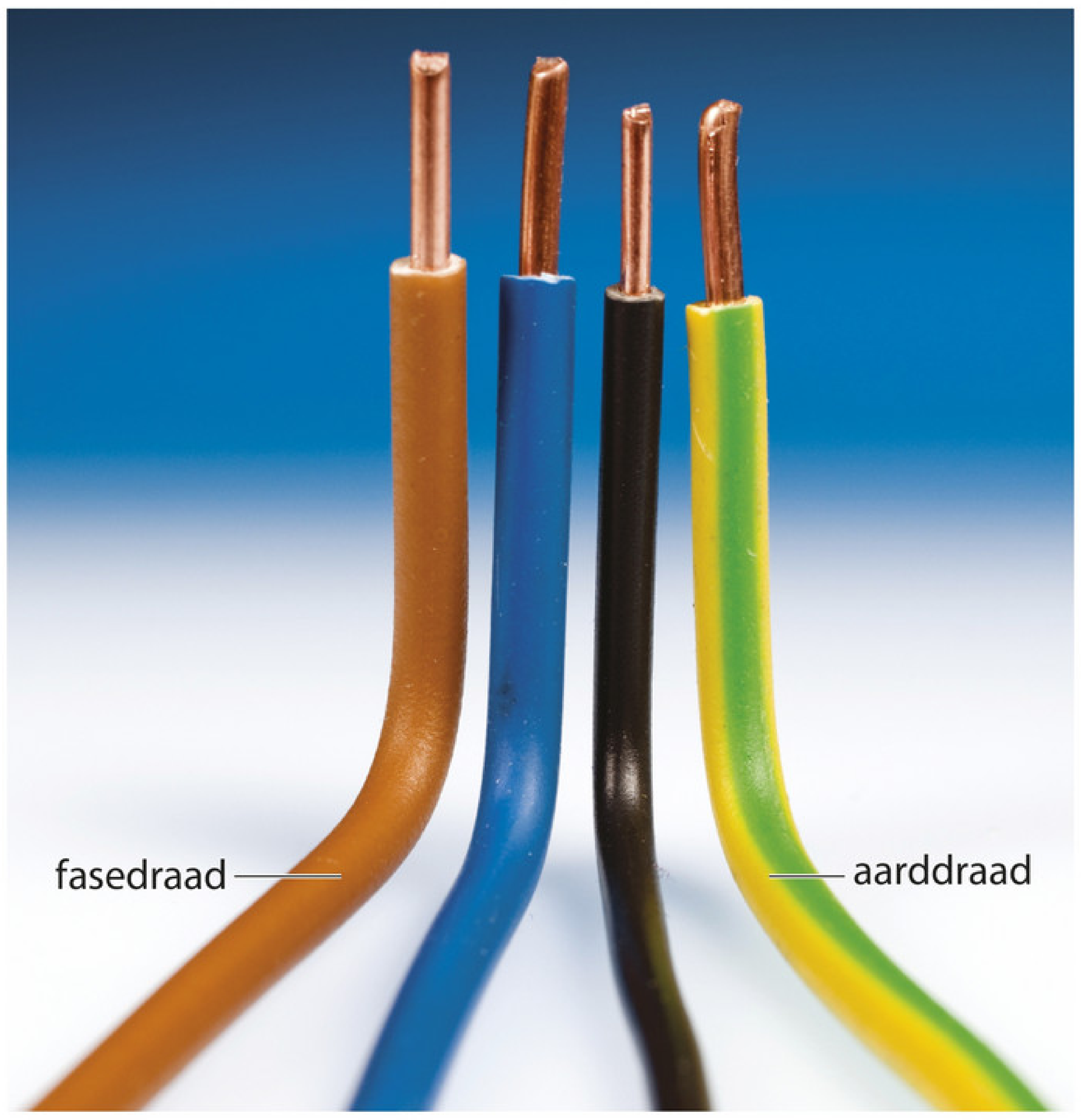
Sommige apparaten hebben een metalen buitenkant. In afbeelding 24 is getekend hoe die buitenkant onder spanning kan komen te staan. De isolatie van een snoer is kapotgegaan: het koperdraad maakt contact met het metaal. Als je de waterkoker aanraakt, krijg je op zijn minst een stevige schok.
Om dit soort ongelukken te voorkomen, wordt zo'n apparaat geaard. Dat gebeurt met een **aarddraad** die vastzit aan het metalen omhulsel van het apparaat (afbeelding 25). Je kunt de aarddraad herkennen aan de groengele isolatie. De aarddraad loopt via het snoer naar de rand van het stopcontact (vandaar de naam randaarde). Van de rand van het stopcontact loopt de aarddraad verder naar de **aardrail** in de meterkast.

De aardrail is verbonden met een metalen pin die diep in de bodem is geslagen. Als de metalen buitenkant onder spanning komt te staan, loopt er via de aarddraden (afbeelding 26) een grote lekstroom naar de aarde. De spanning wordt dan uitgeschakeld door de aardlekschakelaar of de groepszekering.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 25**
Zo wordt een waterkoker geaard.



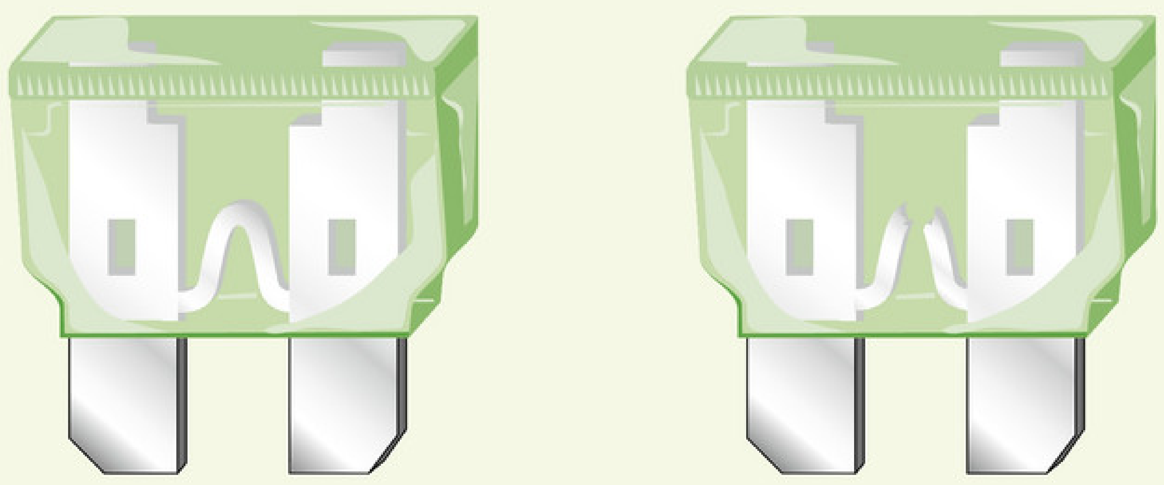
▲ **afbeelding 26**
de vier soorten draden in een huisinstallatie

Plus Autozekeringen

In een auto zitten tientallen onderdelen die op elektriciteit werken: de startmotor, de brandstofpomp, de ruitenwissers, de koplampen, de achterruitverwarming, de claxon, enzovoort. Voor elk elektrisch onderdeel is een aparte stroomkring gemaakt, met een eigen zekering.

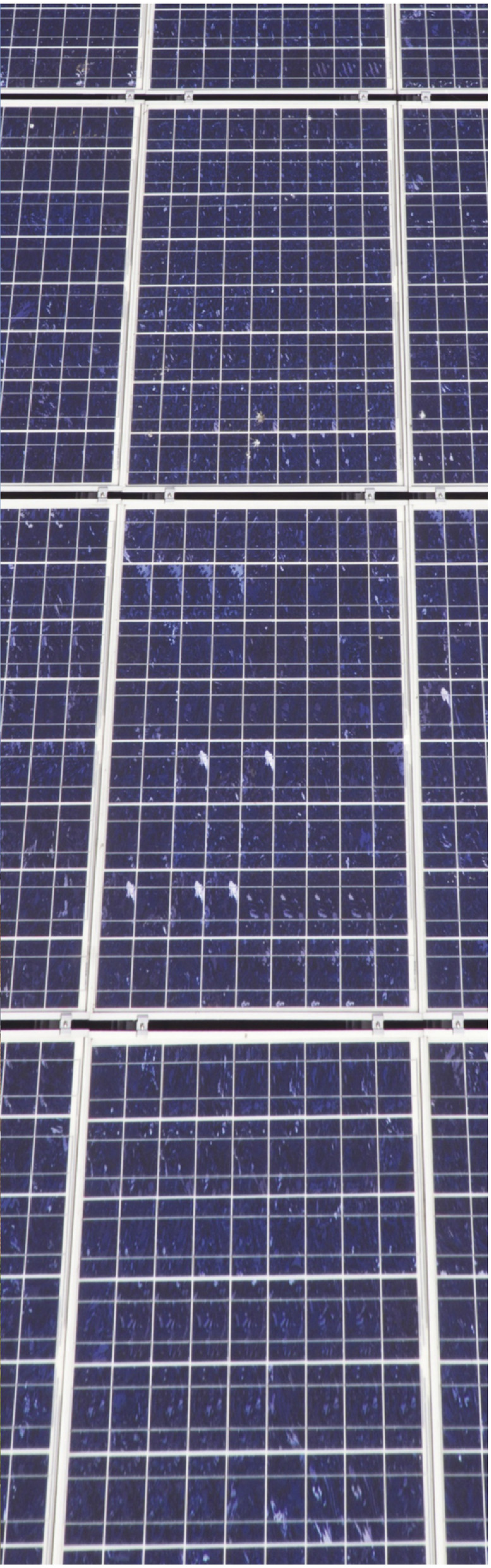
In de meeste auto's worden steekzekeringen gebruikt (afbeelding 27). Een **steekzekering** smelt door als de stroomsterkte door de stroomkring te groot wordt. Zo wordt voorkomen dat de draden erg heet worden en de auto in brand vliegt.

Door onderdelen met een klein vermogen, zoals een dimlicht, loopt niet zo veel stroom. Zo'n onderdeel wordt beveiligd met een 'lichte' zekering, van bijvoorbeeld 10 A. De achterruitverwarming heeft een veel groter vermogen. Die wordt beveiligd met een 'zware' zekering, van bijvoorbeeld 25 A. Je kunt die zekeringen niet zomaar door elkaar heen gebruiken. Als een zekering van 10 A kapot is, moet je er weer een nieuwe zekering van 10 A inzetten, enzovoort.



▶ **afbeelding 27**
een autozekering: klaar voor gebruik (links) en doorgesmolten (rechts)





3 Energie

Oude en nieuwe energiebronnen

De samenleving waarin jij leeft, draait nog voor een groot deel op de energie van aardolie, aardgas en steenkool. Dat kan niet altijd zo doorgaan; deze brandstoffen raken steeds verder op. Daarom wordt er veel onderzoek gedaan naar andere energiebronnen, zoals windenergie, zonlicht en waterkracht.

1 Energie uit brandstoffen

De elektriciteit die je thuis gebruikt, wordt opgewekt met generatoren. Dat zijn grote dynamo's, die in een elektriciteitscentrale aan het draaien worden gebracht.

Brandstoffen gebruiken

Aardolie, aardgas en steenkool noem je **fossiele brandstoffen**. In Nederland zijn fossiele brandstoffen de belangrijkste bron van energie. Andere energiebronnen, zoals windenergie, kernenergie en zonne-energie, hebben een veel kleiner aandeel in de energievoorziening.

Brandstoffen worden voor verschillende doeleinden gebruikt. De drie belangrijkste toepassingen zijn:

Verwarming van gebouwen
Brandstoffen leveren de warmte die nodig is om gebouwen 's winters te verwarmen. Huizen, winkels en kantoren worden verwarmd door cv-ketels waarin aardgas wordt verbrand.

Wegvervoer en vliegverkeer
Brandstoffen leveren energie voor het vervoer van mensen en spullen. Auto's en vrachtwagens worden aangedreven door verbrandingsmotoren die werken op benzine, dieselolie of lpg. Straalmotoren werken op kerosine (afbeelding 1).

Opwekking van elektriciteit
Brandstoffen worden gebruikt om elektriciteit op te wekken. De meeste Nederlandse elektriciteitscentrales werken op aardgas. Er zijn ook centrales die steenkool verstoken.



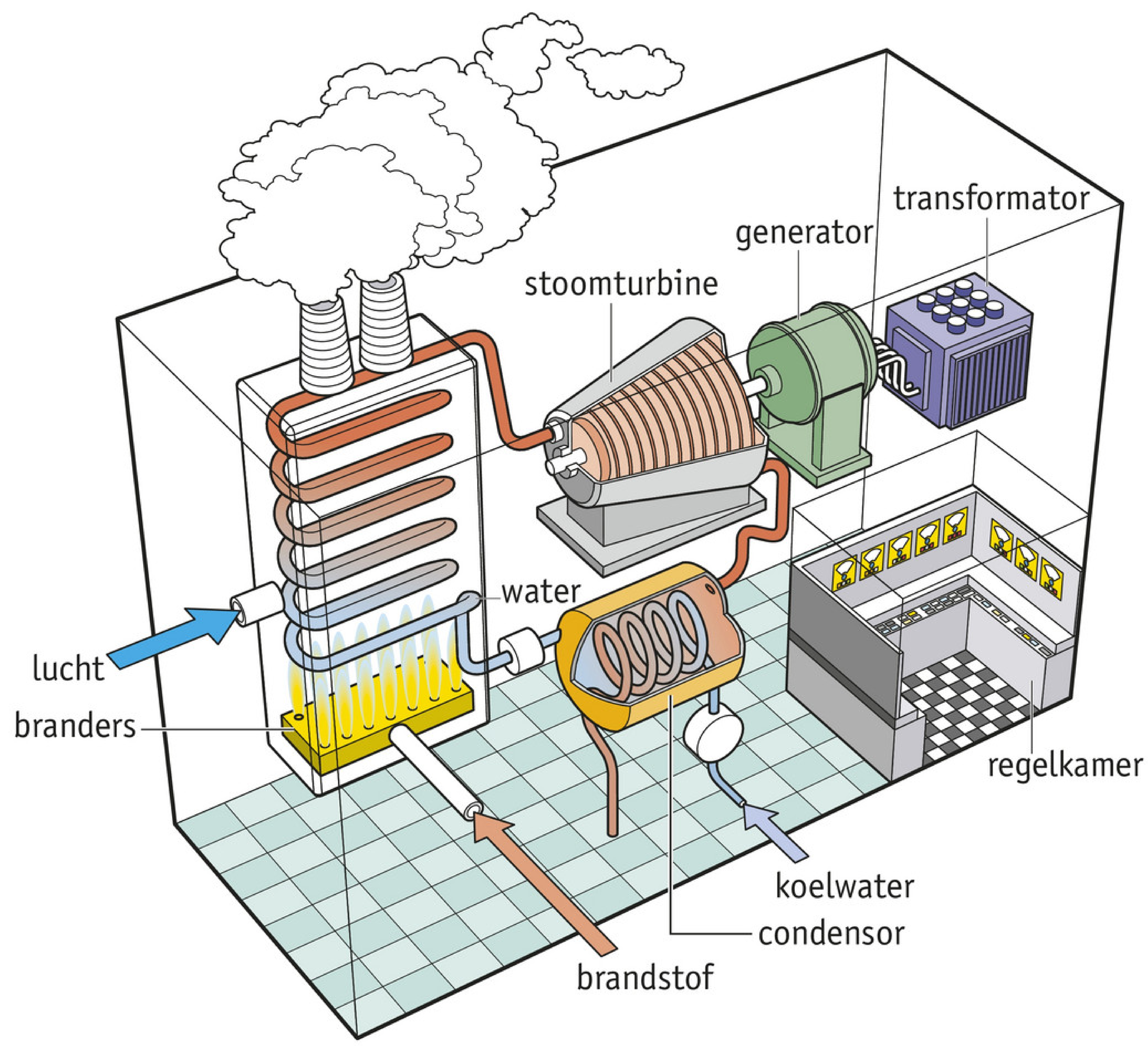
▶ **afbeelding 1**
In de tanks van een Boeing 737-600 gaat 26 000 liter kerosine.

Elektriciteit uit brandstoffen

Je kunt **energie omzetten** van de ene vorm in een andere vorm. Bij het verbranden van een brandstof bijvoorbeeld wordt chemische energie omgezet in warmte. Die warmte kun je op haar beurt weer omzetten in elektrische energie. In een elektriciteitscentrale gebeurt dat op grote schaal. In afbeelding 2 zie je hoe zo'n centrale werkt:

1. In grote branders wordt aardgas verbrand. Met de warmte wordt water verhit. Er ontstaat stoom met een hoge temperatuur en druk.
2. De hete stoom spuit met grote snelheid tegen de schoepen van een stoomturbine. De schoepen gaan daardoor ronddraaien.
3. Aan de turbine is een generator gekoppeld. Als de as van de turbine draait, draait de as van de generator mee.
4. In de generator wordt dan elektrische energie opgewekt, op dezelfde manier als in een dynamo.
5. In de condensor wordt de gebruikte stoom afgekoeld, zodat de stoom condenseert tot water. Het water wordt daarna opnieuw gebruikt.
6. De elektrische energie wordt via het elektriciteitsnet geleverd aan woningen en bedrijven.

Centrales die steenkool of aardolie verstoken, werken op dezelfde manier als een gasgestookte centrale. Alleen de brandstof verschilt.



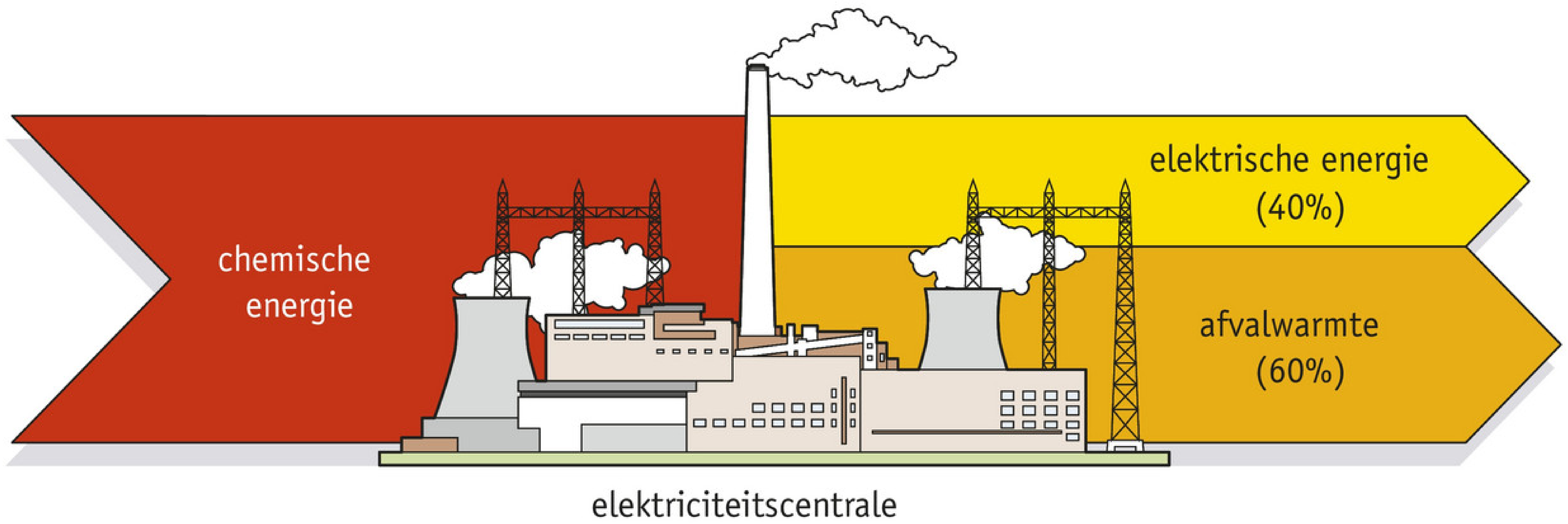
▶ **afbeelding 2**
Zo werkt een gasgestookte elektriciteitscentrale.

Afvalwarmte

Het is niet mogelijk om alle chemische energie uit aardgas om te zetten in elektrische energie. Er blijft altijd veel warmte over. Deze warmte noem je **afvalwarmte**, omdat je er geen elektrische energie meer 'uit kunt halen'.

In afbeelding 3 is het energiestroomdiagram van een centrale getekend. Links staat de energiesoort die de centrale ‘ingaat’, rechts de energiesoorten die ‘eruit komen’. Je ziet dat zo’n 40% van de chemische energie wordt omgezet in elektrische energie. Maar liefst 60% is ‘afvalwarmte’.

De afvalwarmte moet worden afgevoerd uit de centrale. Soms kan dat door het warme koelwater rechtstreeks te lozen op een rivier. Dat mag alleen als het rivierwater niet te warm wordt. Anders moet het energiebedrijf het koelwater eerst laten afkoelen in een koeltoren (afbeelding 4). Als de temperatuur van het water genoeg is gedaald, mag het worden geloosd.



▶ **afbeelding 3**
het energiestroomdiagram van een elektriciteitscentrale

Afvalwarmte hergebruiken

Het is jammer om afvalwarmte ‘weg te gooien’. Daarom zoeken bedrijven met veel afvalwarmte naar manieren om die warmte nuttig te gebruiken. In Meppel wordt bijvoorbeeld het water in een subtropisch zwemparadijs al jaren met succes verwarmd met de afvalwarmte van een betonfabriek (afbeelding 5).

▼ **afbeelding 4**
de koeltorens bij een centrale



Betonfabriek verwarmt zwemparadijs

MEPPEL – Het subtropisch zwembad Hesselingen in Meppel heeft een wedstrijdbad, een recreatiebad met wildwaterbaan en een buitenbad. Deze baden zijn het hele jaar open en worden doorlopend verwarmd. Toch is het aardgasverbruik extreem laag; ongeveer een kwart m^3 per bezoeker. Dat lage verbruik is bereikt door gebruik te maken van afvalwarmte. Bij de behandeling van betonproducten komt veel warmte vrij in de vorm van een stoompluim. Deze warmte is binnen de betonfabriek niet bruikbaar. In 1993 is gestart met de terugwinning van deze warmte voor het zwembad.

Bron: www.koudeenwarmte.com

▶ **afbeelding 5**
laag energieverbruik door afvalwarmte

De eenheid van energie

Energie wordt meestal gemeten in joule (J). Dit is de officiële eenheid van energie. Het maakt niet uit om welk soort energie het gaat; je kunt alle soorten energie meten in joule.

Nu is 1 joule maar een heel klein beetje energie. Om water voor een kop thee aan de kook te brengen, heb je bijvoorbeeld meer dan 30 000 joule warmte nodig. In alledaagse situaties werk je daarom meestal met kilojoules of megajoules:

- 1 kilojoule = 1 kJ = 1000 J
- 1 megajoule = 1 MJ = 1 000 000 J

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Joule en kilowattuur Proef 1

Behalve de joule zijn er nog andere eenheden van energie. Eén daarvan ken je al: het kilowattuur (kWh). De energiebedrijven gebruiken deze eenheid voor het meten van elektrische energie. Je kunt gemakkelijk omrekenen van kilowattuur naar joule, als je onthoudt dat:

1 kWh = 3,6 MJ

Ook al is de joule de officiële eenheid van energie, toch staat het kWh nog steeds op de elektriciteitsrekening. Volgens de energiebedrijven is het gemakkelijker om te blijven rekenen met het kWh. Bovendien zouden ze anders alleen al in Nederland zes tot zeven miljoen kWh-meters moeten ombouwen tot MJ-meters, en dat is te duur.

Voorbeeld

Freddy leest op een website dat een gemiddeld gezin in Nederland per jaar 3500 kWh elektrische energie verbruikt.
Bereken hoeveel dat is in MJ.

1 kWh = 3,6 MJ
3500 kWh = 3500 × 3,6 MJ = 12 600 MJ

2 Windenergie

Voorwerpen die bewegen, hebben energie. Denk maar aan een voetbal die tegen je hoofd komt. Dat kan hard aankomen.

Bewegingsenergie

Door beweging krijgen voorwerpen energie. Die energie noem je **bewegingsenergie**. Het racket van een tennisser, de hamer van een klusser, het heiblok van een heimachine (afbeelding 6): hoe sneller ze bewegen, hoe meer energie ze hebben. Met die energie kun je dingen doen, zoals een tennisbal hard raken of een dikke spijker in een houten balk slaan.

De hoeveelheid bewegingsenergie hangt niet alleen af van de snelheid. De massa van het voorwerp speelt ook een rol. Hoe groter de massa, hoe meer bewegingsenergie het voorwerp heeft. Dat merk je als je een spijker in een stuk hout slaat. Met een zware hamer (grote massa) gaat dat veel beter dan met een lichte hamer (kleine massa).



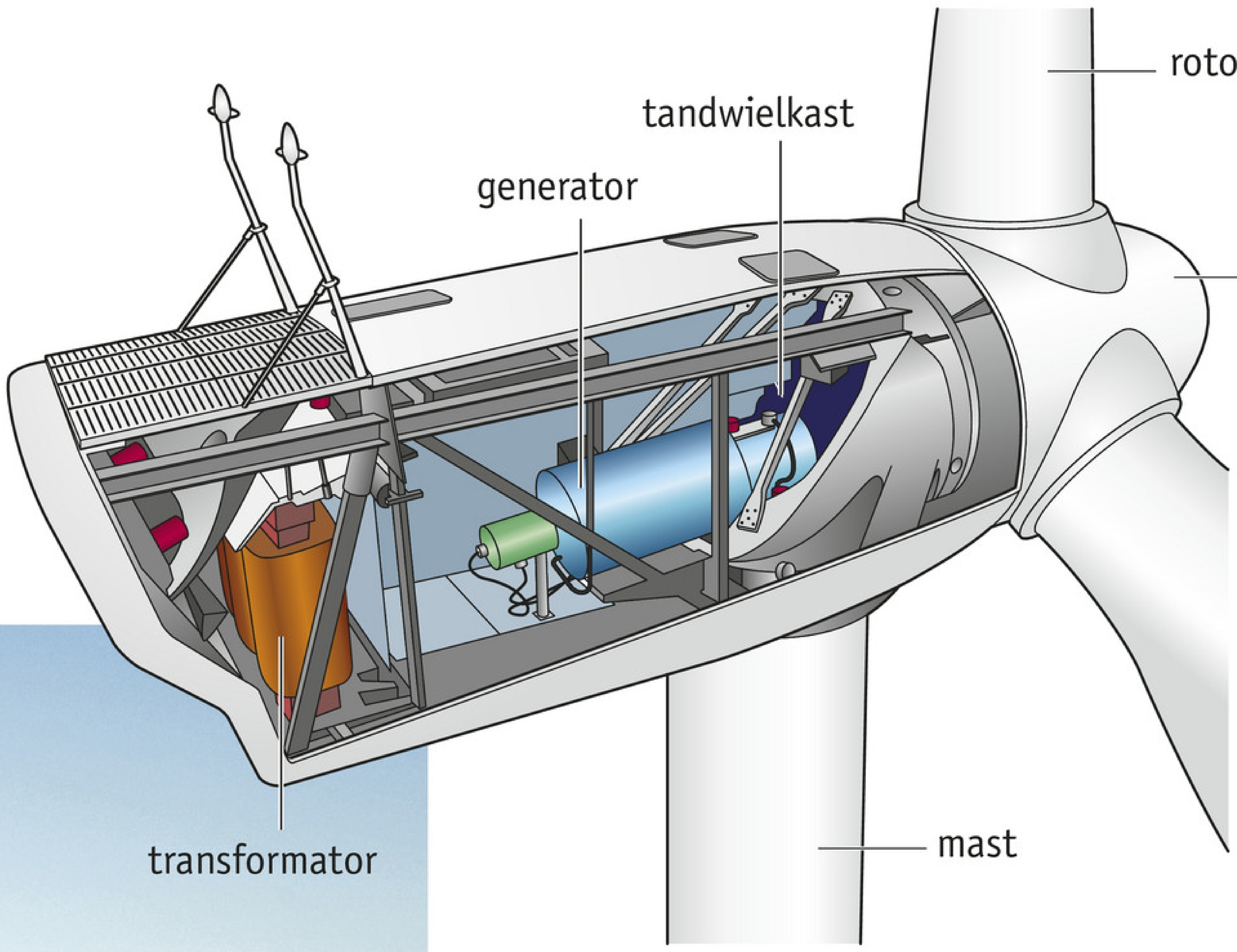
BEROEPENORIËNTATIE

Machinist

De machinist op deze heimachine zorgt ervoor dat grote betonnen palen diep de grond in worden geslagen. De machine hijst een blok op en laat dat met een klap op de paal vallen. De bewegingsenergie van het blok werkt de paal de grond in.

◀ **afbeelding 6**
Een heimachine gebruikt bewegingsenergie om palen de grond in te slaan.

Wind is bewegende lucht. Wind heeft dan ook bewegingsenergie. Met een windmolen kun je die bewegingsenergie benutten. In het verleden werden windmolens onder andere gebruikt om graan te malen, hout te zagen en water weg te pompen (afbeelding 7). De moderne windmolens die nu overal in Nederland staan, wekken elektrische energie op.



▲ **afbeelding 8**
een moderne windturbine

▼ **afbeelding 7**
een historisch windmolenpark



Elektriciteit uit wind

In afbeelding 8 zie je de belangrijkste onderdelen van een moderne windmolen. Zo'n molen wordt ook wel een **windturbine** genoemd. Hij werkt als volgt:

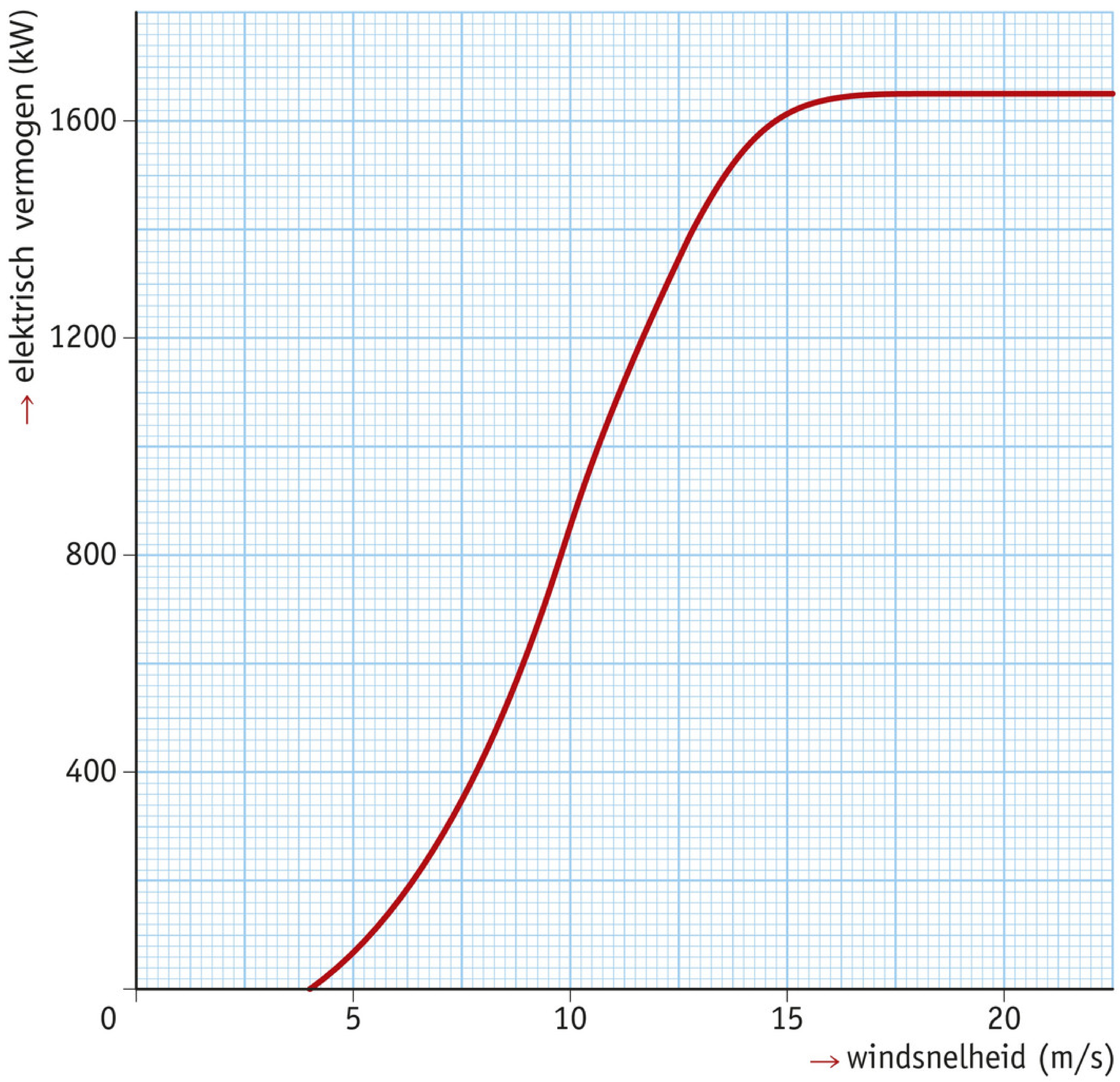
1. De wind laat de bladen (wieken) van een windturbine draaien. De bladen zijn bevestigd aan een as, die mee gaat draaien door de beweging van de bladen. Omdat de bladen langzaam ronddraaien, noem je deze as de lagesnelheidsas.
2. In de turbine zorgen tandwielen ervoor dat het aantal omwentelingen per seconde wordt vergroot. Een andere as draait daardoor veel sneller rond dan de lagesnelheidsas. Deze as noem je de hogesnelheidsas.
3. De hogesnelheidsas drijft een generator aan. In de generator wordt dan elektrische energie opgewekt.
4. Een transformator verhoogt de spanning van de opgewekte elektrische energie tot 10 000 V, zodat die efficiënt kan worden vervoerd.
5. De elektrische energie wordt via het elektriciteitsnet geleverd aan woningen en bedrijven.

Het vermogen van een windturbine

Een belangrijke eigenschap van een windturbine is het **maximaal elektrisch vermogen**. Dit is het grootste vermogen dat de windturbine kan leveren als er genoeg wind is.

De eenheid van vermogen is de watt. Per definitie geldt dat 1 watt (W) gelijk is aan 1 joule (J) per seconde. Een windturbine van 3 MW (3 miljoen watt) levert dus onder gunstige omstandigheden 3 miljoen joule (3 MJ) elektrische energie per seconde.

In afbeelding 9 zie je hoe het geleverde vermogen afhangt van de windsterkte. Je ziet dat de windturbine bij windkracht 7 (= 15 m/s) het maximale vermogen levert. Als het harder waait, neemt het elektrische vermogen niet verder toe. Het regelmechanisme in de windturbine zorgt ervoor dat de turbine niet 'op hol slaat'.



▶ **afbeelding 9**
het verband tussen windsnelheid en elektrisch vermogen

Energiebronnen vergelijken

Elke manier om elektrische energie op te wekken, heeft voordelen en nadelen. Als je energiebronnen met elkaar vergelijkt, let je op de volgende vier punten:

– *Hoeveel kost de opgewekte elektrische energie?*
  Elektriciteit uit wind is op dit moment duurder dan elektriciteit uit fossiele brandstoffen. Dat kan veranderen als de olie- en gasprijzen sterk stijgen.

- *Kan de energiebron op den duur uitgeput raken?*
  De voorraden fossiele brandstoffen zijn eindig. Op een gegeven moment zullen ze uitgeput raken en dan is het: 'op is op'. Met windenergie is dat anders. De wind waait elke dag opnieuw en levert steeds nieuwe energie.
- *Is de energiebron altijd of alleen af en toe beschikbaar?*
  Een centrale die op aardgas werkt, kan dag en nacht elektrische energie leveren. Maar een windturbine kan geen elektrische energie produceren als het niet waait.
- *Wat zijn de gevolgen voor het milieu?*
  Bij het gebruik van brandstoffen ontstaan afvalstoffen. Sommige daarvan zijn schadelijk voor het milieu. Windturbines stoten geen afvalstoffen uit, maar hebben wel andere milieunadelen, zoals horizonvervuiling en geluidshinder.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Geluidsoverlast van windturbines

Een draaiende windturbine produceert geluid dat voor mensen en dieren hinderlijk kan zijn. Moderne windturbines zijn goed geïsoleerd, zodat er weinig geluid uit kan ontsnappen. Je hoort vooral het zoevende geluid van de turbinebladen.

Als er meer wind is, gaan de turbinebladen sneller draaien. Ze maken dan ook meer geluid (net als een stok waarmee je snel door de lucht 'zwiept'). De uiteinden van de turbinebladen bewegen het snelst en produceren daardoor het meeste geluid (afbeelding 10).

Voor de geluidsoverlast maakt het uit hoe groot je afstand tot de geluidsbron is. Aan de voet van een windmolen meet je een grotere geluidssterkte dan op 250 meter afstand. Als de afstand maar groot genoeg is, heb je geen last van het geluid.



▶ **afbeelding 10**
Hoeveel overlast geeft deze windmolen?

3 Zonne-energie

De energieopbrengst van zonnepanelen is afhankelijk van de weersomstandigheden. Op een zonnige dag leveren zonnepanelen meer energie dan op een bewolkte dag.

De energie in zonlicht

Het licht van de zon is onmisbaar voor het leven op aarde. Zonlicht verwarmt het aardoppervlak en zorgt zo voor een leefbare temperatuur. Zonlicht levert ook de energie die je lichaam nodig heeft, via het voedsel dat je eet.

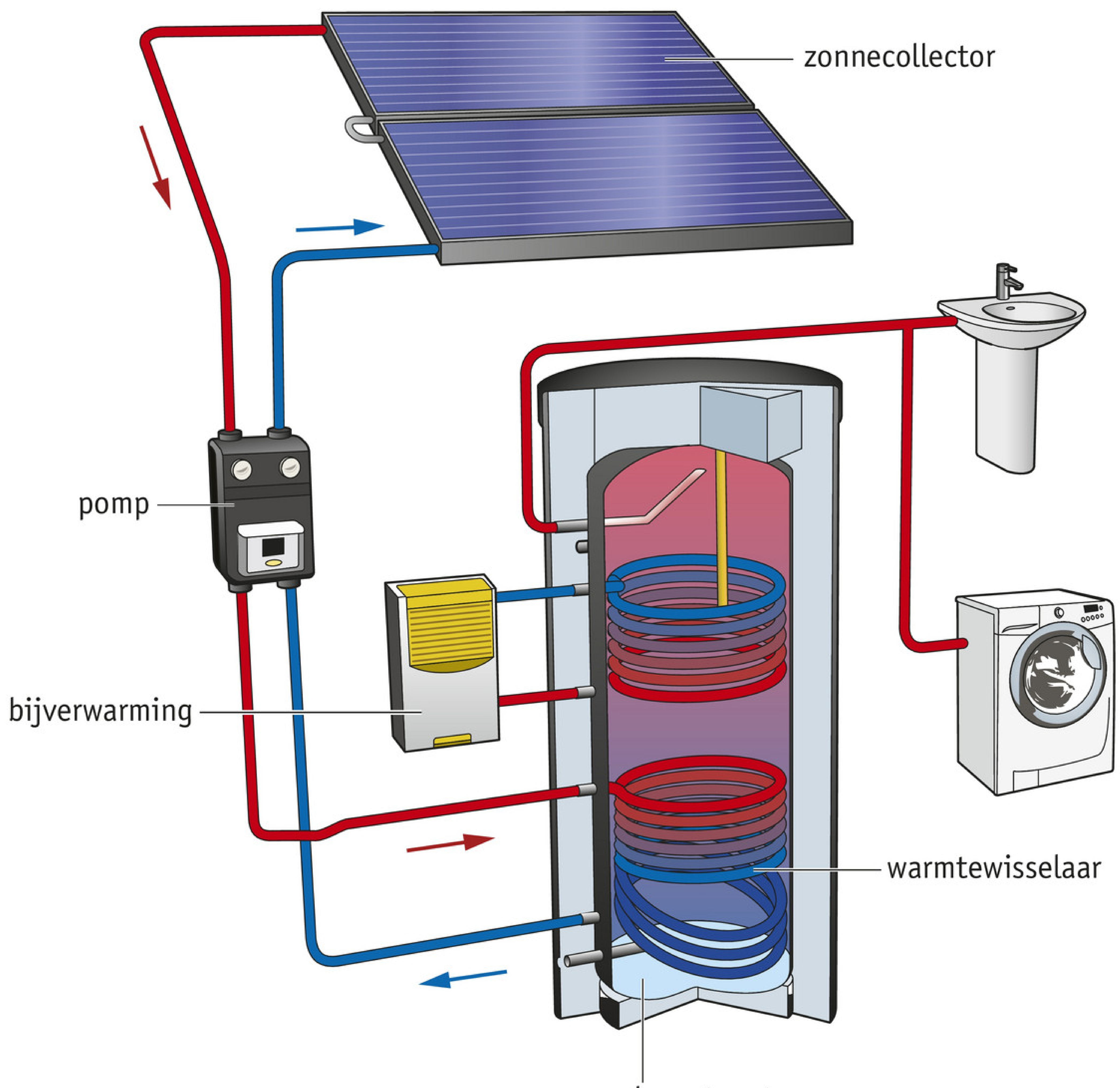
De energie in zonlicht wordt **stralingsenergie** genoemd. Als zonlicht op het aardoppervlak valt, wordt het licht gedeeltelijk geabsorbeerd. De stralingsenergie wordt daarbij omgezet in warmte. Op die manier worden het aardoppervlak en de atmosfeer daarboven verwarmd.

Planten gebruiken zonlicht om glucose te maken van koolstofdioxide en water. De stralingsenergie in het zonlicht wordt daarbij omgezet in chemische energie van glucose (en daarvan afgeleide stoffen, zoals zetmeel). Dit heet **fotosynthese**. Planten kunnen zo grote hoeveelheden stralingsenergie van de zon vastleggen. Het voedsel dat op je bord ligt, geeft die energie aan jou door.

Zonnecollectoren

Zonne-energie wordt ook benut in de techniek, bijvoorbeeld om water te verwarmen. In afbeelding 11 zie je hoe dat werkt:

1. Op het dak van een huis is een **zonnecollector** aangebracht: een zwarte metalen plaat met daaronder buizen waar water doorheen stroomt.
2. De zwarte plaat absorbeert zonlicht. Daarbij wordt stralingsenergie omgezet in warmte. De warmte wordt door geleiding afgegeven aan het water in de buizen.
3. Boven de zwarte plaat is dubbel glas aangebracht. De onderkant van de zwarte plaat is voorzien van een laag isolatiemateriaal. Zo 'lekt' er zo weinig mogelijk warmte weg.
4. Het opgewarmde water wordt daarna door een **warmtewisselaar** gepompt: een spiraalvormige buis die door een vat met leidingwater loopt. Zo wordt het leidingwater in het vat verwarmd.
5. Als er in de keuken of de badkamer warm water nodig is, wordt dat uit het opslagvat gehaald. Een kleine verwarmingsketel zorgt voor bijverwarming als het leidingwater nog niet heet genoeg is.



▶ **afbeelding 11**
Zo werkt een zonnecollector.



Zonnepanelen Proef 2

Zonlicht wordt ook gebruikt om elektriciteit op te wekken. Dat gebeurt met zonnecellen. Een **zonnecel** zet de stralingsenergie in het zonlicht direct om in elektrische energie. In de praktijk worden zonnepanelen gebruikt waarop een groot aantal zonnecellen is gemonteerd.

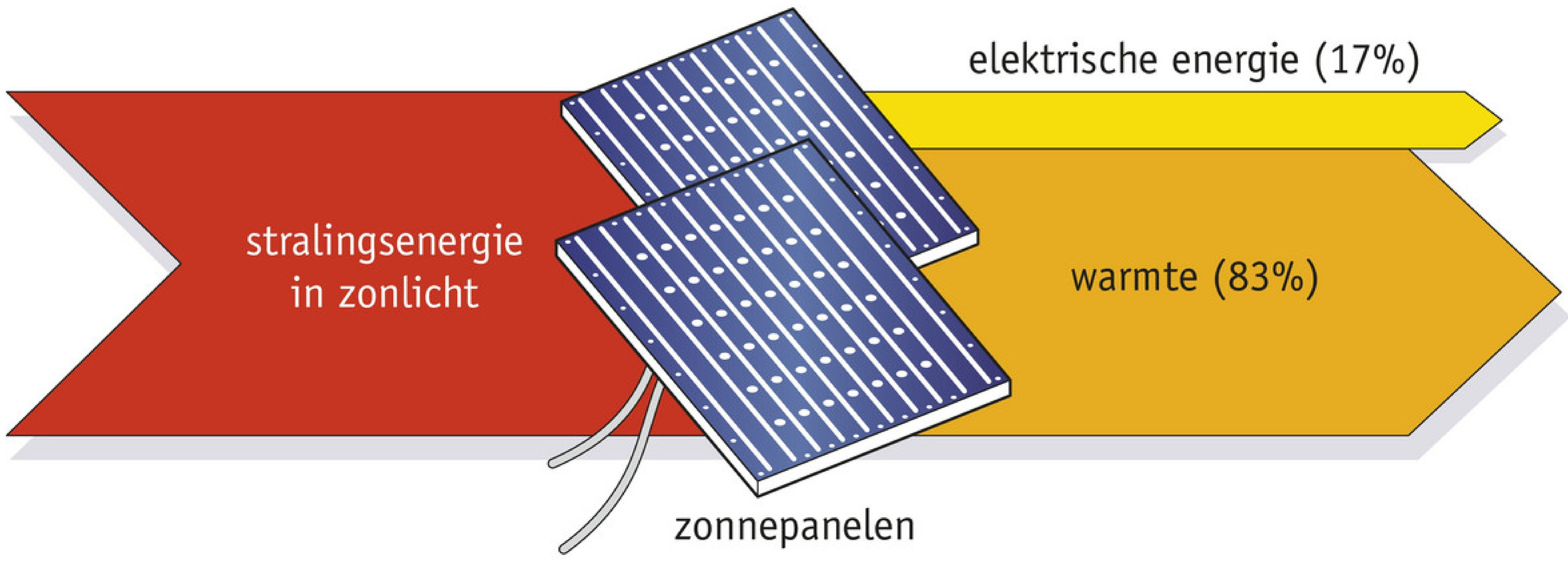
Een doorsnee **zonnepaneel** van 1 m^2 heeft een maximaal elektrisch vermogen van 190 W. Het paneel levert dan per seconde 190 J elektrische energie. Dit vermogen wordt alleen gehaald als de omstandigheden optimaal zijn. Het paneel is dan precies goed opgesteld, het is midden op de dag, niet te heet en de zon schijnt fel. Meestal zijn de omstandigheden niet zo goed en is het elektrische vermogen lager dan 190 W.

Zonnepanelen worden voor allerlei doeleinden toegepast. Je ziet ze vaak op plaatsen waar aansluiting op het lichtnet niet goed mogelijk is (afbeelding 12). Er zijn ook mensen en bedrijven die zonnepanelen plaatsen, omdat ze rekening willen houden met het milieu.

◀ **afbeelding 12**
Een zonnepaneel is hier een praktische oplossing.

Het rendement van zonnecellen

Een doorsnee zonnecel zet ongeveer 17% van de opvallende stralingsenergie om in elektrische energie (afbeelding 13). In de natuurkunde en de techniek zeg je dan: het **rendement** van gewone zonnecellen is 17%. Dat is weinig. Er wordt daarom veel onderzoek gedaan om het rendement van zonnecellen te verbeteren. Op dit moment proberen onderzoekers om meerdere lagen zonnecellen op elkaar aan te brengen. Als dat lukt, kan het rendement naar verwachting worden verhoogd tot 50%. De onderzoekers hebben in het laboratorium al wel zonnecellen kunnen maken met een aanzienlijk hoger rendement, maar de industrie kan deze panelen nog niet in grote hoeveelheden produceren.



▶ **afbeelding 13**
het energiestroomdiagram van een zonnecel

Je kunt het rendement berekenen met de formule:

$$\text{rendement} = \frac{\text{nuttig gebruikte energie}}{\text{totaal opgenomen energie}} \times 100\%$$

Of in symbolen:

$$\eta = \frac{E_{nut}}{E_{tot}} \cdot 100\%$$

Je krijgt natuurlijk ook een goede uitkomst als je invult:
- hoeveel energie per seconde wordt opgenomen;
- hoeveel energie per seconde nuttig wordt gebruikt.

Met andere woorden: je kunt het rendement ook berekenen door het nuttig vermogen te delen door het totaal opgenomen vermogen. In formulevorm:

$$\text{rendement} = \frac{\text{nuttig gebruikt vermogen}}{\text{totaal opgenomen vermogen}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{nut}}{P_{tot}} \cdot 100\%$$

Voorbeeld
In een laboratorium wordt een nieuw soort zonnepaneel getest. Er valt 400 W aan stralingsenergie op het paneel. Het elektrisch vermogen is in deze situatie 70 W.
Bereken het rendement van het zonnepaneel.

$P_{nut} = 70$ W
$P_{tot} = 400$ W

$$\eta = \frac{P_{nut}}{P_{tot}} \cdot 100\% = \frac{70}{400} \times 100\% = 17{,}5\%$$

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Biobrandstoffen

Het is mogelijk om brandstoffen te maken van plantaardig of dierlijk materiaal (**biomassa**). Voorbeelden van zulke **biobrandstoffen** zijn ethanol uit suikerriet, biodiesel uit maïs en biogas uit mest.

De energie in biobrandstoffen is afkomstig van de zon. Planten leggen de stralingsenergie in zonlicht vast in stoffen, zoals glucose en zetmeel. Deze stoffen, die veel chemische energie bevatten, worden daarna gebruikt voor de productie van biobrandstoffen (afbeelding 14).

Elk soort biobrandstof heeft zijn eigen voordelen en nadelen. Daarbij maakt het veel uit waar de brandstof van wordt gemaakt: is dat plantaardig afval dat anders zou worden weggegooid, of een gewas dat speciaal moet worden verbouwd? Veel mensen vragen zich bijvoorbeeld af of je landbouwgrond wel moet gebruiken voor de productie van biodiesel.



▶ **afbeelding 14**
Maïs wordt gebruikt als grondstof voor biodiesel.

4 Waterkracht



▲ **afbeelding 15**
het stuwmeer bij Lake Powell in de Verenigde Staten

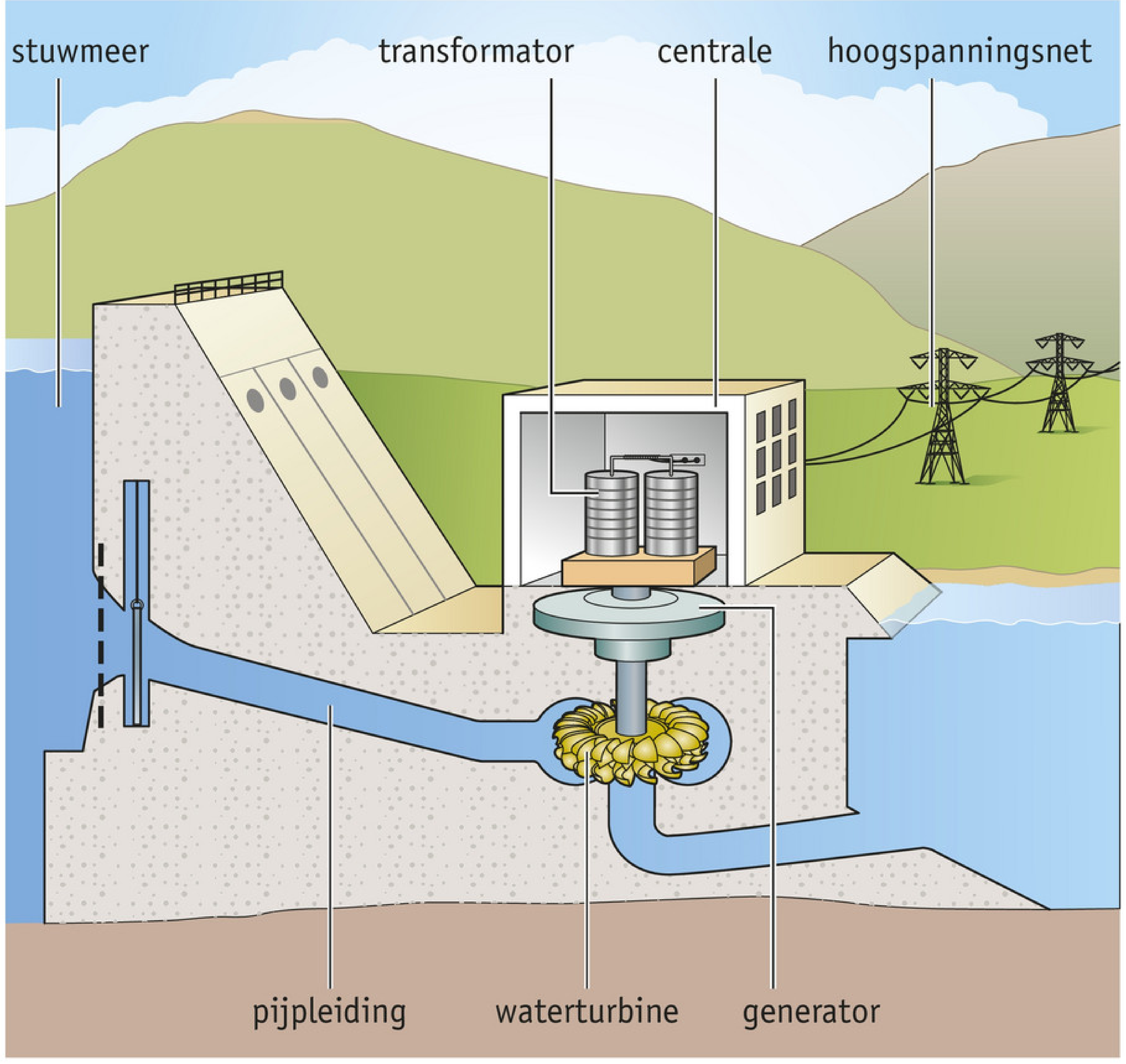
In veel landen wordt energie gehaald uit meren vol water. Nederland is een waterland met veel meren. Toch is het niet mogelijk om dit water als energiebron te gebruiken, omdat de hoogteverschillen in Nederland daarvoor te klein zijn.

Elektriciteit uit een stuwmeer

In bergachtige gebieden worden vaak stuwdammen aangelegd. In een dal waar een rivier doorheen loopt, wordt een hoge dam gebouwd. Als de **stuwdam** af is, houdt hij het water van de rivier tegen. Het dal achter de dam loopt dan langzaam vol. Na verloop van tijd ontstaat een diep stuwmeer (afbeelding 15).

Meestal wordt er in de stuwdam een waterkrachtcentrale gebouwd. Als het water in het meer hoog genoeg staat, komt deze centrale in bedrijf. Er worden kleppen opengezet, zodat er water uit het meer kan stromen. Zo wordt het waterpeil in het meer constant gehouden. Het wegstromende water wordt gebruikt om in de centrale elektriciteit op te wekken. In afbeelding 16 zie je hoe een waterkrachtcentrale werkt:

1. Via pijpleidingen stroomt het water van het stuwmeer omlaag naar de centrale.
2. Het stromende water brengt de schoepen van een waterturbine in beweging.



▶ **afbeelding 16**
Zo werkt een waterkrachtcentrale.

3 De waterturbine drijft een generator aan waarmee elektrische energie wordt opgewekt.
4 De elektrische energie wordt via het elektriciteitsnet geleverd aan woningen en bedrijven.

Zwaarte-energie

Een waterkrachtcentrale zet de **zwaarte-energie** van water in het stuwmeer om in elektrische energie. Je kunt de hoeveelheid zwaarte-energie die de centrale opneemt, berekenen met de formule:

zwaarte-energie = massa × de sterkte van de zwaartekracht × hoogte

In symbolen wordt dat:

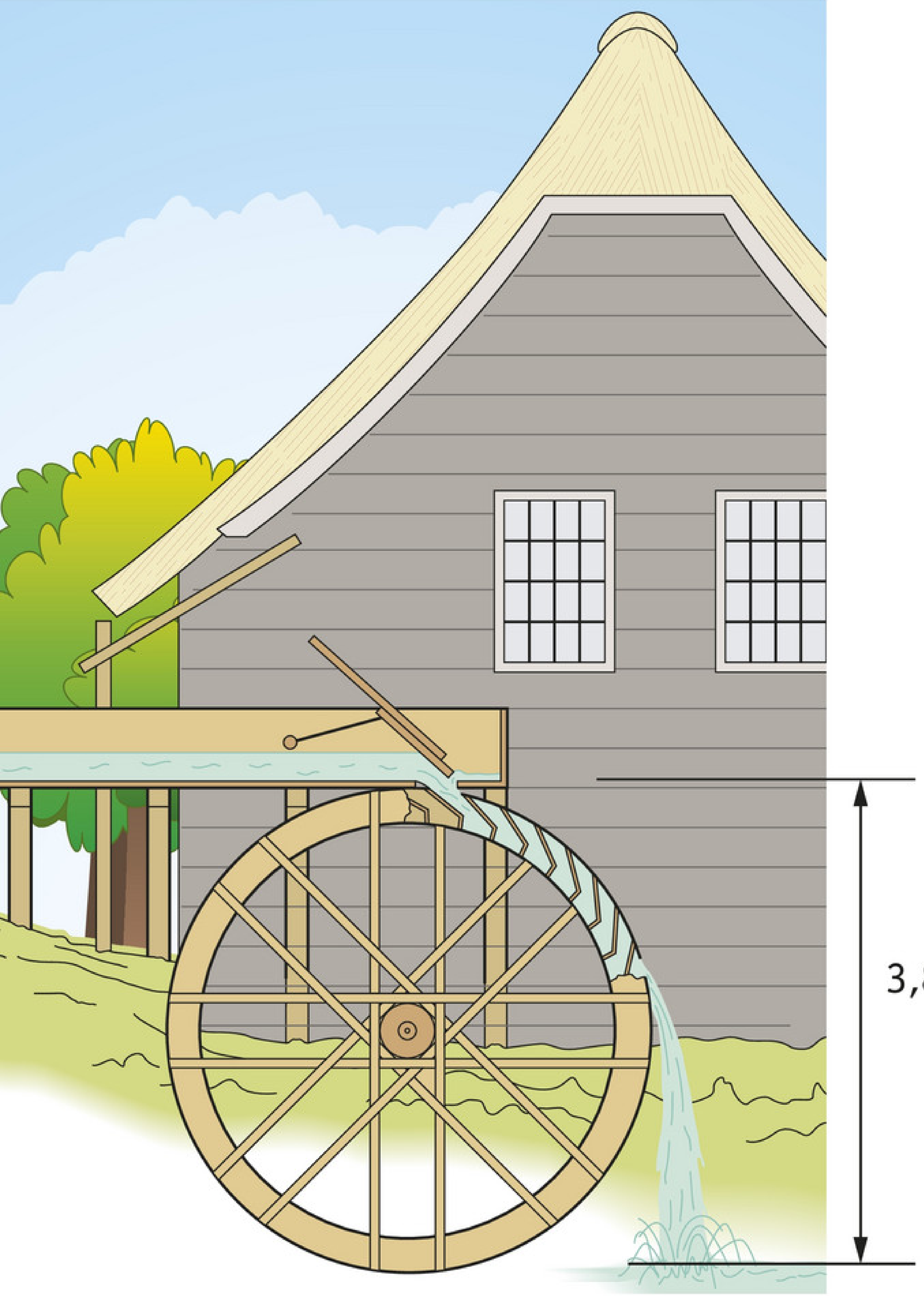
$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

Als je de m invult in kg, g in N/kg en h in m, vind je de zwaarte-energie E_z in joule.

De letter m staat voor de massa van het water dat wegstroomt via de centrale. Hoe meer water de centrale passeert, hoe groter de massa en dus ook de hoeveelheid opgenomen zwaarte-energie.

De letter h staat voor het hoogteverschil tussen het wateroppervlak in het meer en de onderkant van de stuwdam. Hoe groter dit hoogteverschil, hoe groter de hoeveelheid opgenomen zwaarte-energie.

De letter g geeft aan hoe sterk de zwaartekracht is. Op aarde heeft g een constante waarde: 10 N/kg. Op een voorwerp van 1 kg werkt een zwaartekracht van 10 N, waar je je ook op aarde bevindt.



▲ **afbeelding 17**
Een ouderwets waterrad werkt ook op zwaarte-energie.

Voorbeeld
Op het waterrad in afbeelding 17 valt per minuut 1500 kg water. Het hoogteverschil tussen het water voor en na het rad is 3,8 m.

a Bereken hoeveel zwaarte-energie er in 1 minuut wordt opgenomen.

m = 1500 kg
g = 10 N/kg
h = 3,8 m

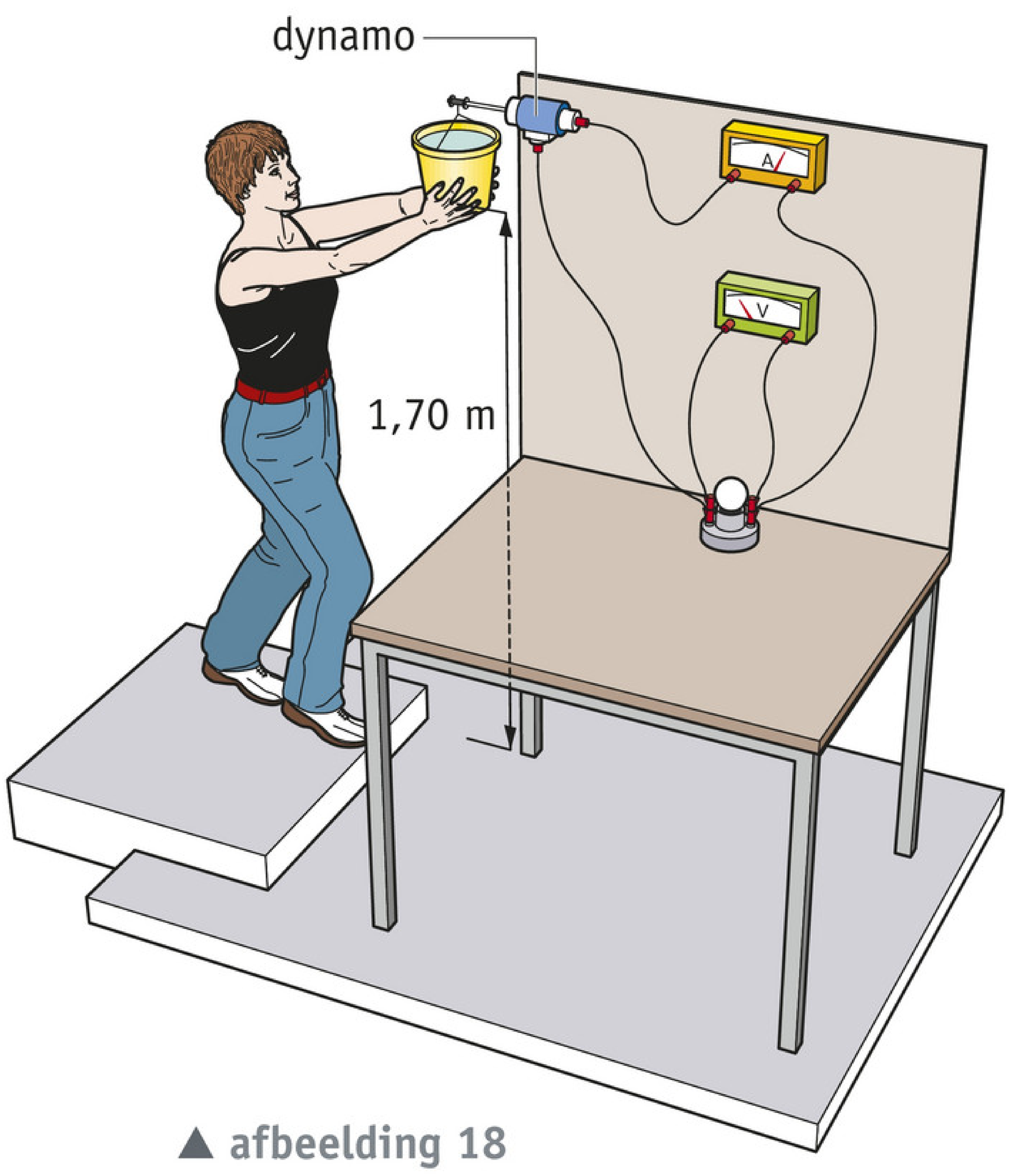
$$E_z = m \cdot g \cdot h = 1500 \times 10 \times 3{,}8 = 57\ 000 \text{ J}$$

b Bereken het opgenomen vermogen van het waterrad.

$$P_{op} = \frac{E_{op}}{t} = \frac{57\ 000}{60} = 950 \text{ W}$$

Het rendement bepalen Proef 3

Je kunt het rendement van een energieomzetting bepalen door proeven te doen. Je moet dan wel weten hoe je E_{tot} (de totaal opgenomen energie) en E_{nut} (de nuttig gebruikte energie) kunt berekenen: om welke soorten energie gaat het en welke formule hoort bij elk soort energie?



▲ **afbeelding 18**
een model van een waterkrachtcentrale

De proef in afbeelding 18 is een voorbeeld. Op een tafel is een model van een waterkrachtcentrale gebouwd. Tijdens de proef wordt zwaarte-energie (van het water in het emmertje) opgenomen en omgezet in elektrische energie.

Je kent de formules voor zwaarte-energie ($E_z = m \cdot g \cdot h$) en elektrische energie ($E_{el} = U \cdot I \cdot t$). Je kunt zo nagaan welke grootheden je moet meten, namelijk:
- de massa m en de hoogte h voor de zwaarte-energie E_z;
- de spanning U, de stroomsterkte I en de tijd t voor de elektrische energie E_{el}.

Met deze gegevens kun je het rendement van de energieomzetting berekenen.

Voorbeeld
De emmer heeft een massa van 1,5 kg en zakt in 9,0 s naar beneden.
De stroommeter geeft tijdens het dalen van de emmer 0,4 A aan en de spanningsmeter 4,2 V. De overige gegevens kun je uit afbeelding 18 halen.
Bereken het rendement van de 'waterkrachtcentrale'.

- **Stap 1: De hoeveelheid opgenomen energie berekenen**
De 'waterkrachtcentrale' neemt zwaarte-energie op.

m = 1,5 kg
g = 10 N/kg
h = 1,70 m

$E_z = m \cdot g \cdot h = 1{,}5 \times 10 \times 1{,}70 = 25{,}5$ J

- **Stap 2: De hoeveelheid nuttig gebruikte energie berekenen**
De 'waterkrachtcentrale' levert elektrische energie.

U = 4,2 V
I = 0,4 A
t = 9,0 s

$E_{el} = U \cdot I \cdot t = 4{,}2 \times 0{,}4 \times 9{,}0 = 15{,}12$ J

- **Stap 3: Het rendement berekenen**

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\% = \frac{15{,}12}{25{,}5} \times 100\% \approx 59\%$$

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Getijdenenergie

Het water van de zee stijgt bij vloed en daalt bij eb. Het is mogelijk om deze getijden te benutten als bron van energie. De beste plaats daarvoor is een baai met grote verschillen tussen hoog en laag water.

In afbeelding 19 zie je een foto van een getijdencentrale. Als het water in de baai genoeg is gestegen, worden sluizen in de dam opengezet. De baai achter de dam stroomt dan vol water. Daarna worden de sluizen gesloten.

Vervolgens wordt gewacht tot het water voor de dam voldoende is gezakt. Als het hoogteverschil groot genoeg is, laat het energiebedrijf het water achter de dam wegstromen. In de centrale wordt dan elektrische energie opgewekt, op dezelfde manier als bij een waterkrachtcentrale.



▶ **afbeelding 19**
de getijdencentrale bij La Rance in Frankrijk





4 Het weer

Weergegevens verzamelen

Het weerbericht is een populair onderdeel van het nieuws. Of je nu boer bent, zeiler, festivalganger of voetbaltrainer, het is altijd handig te weten wat voor weer het morgen wordt.

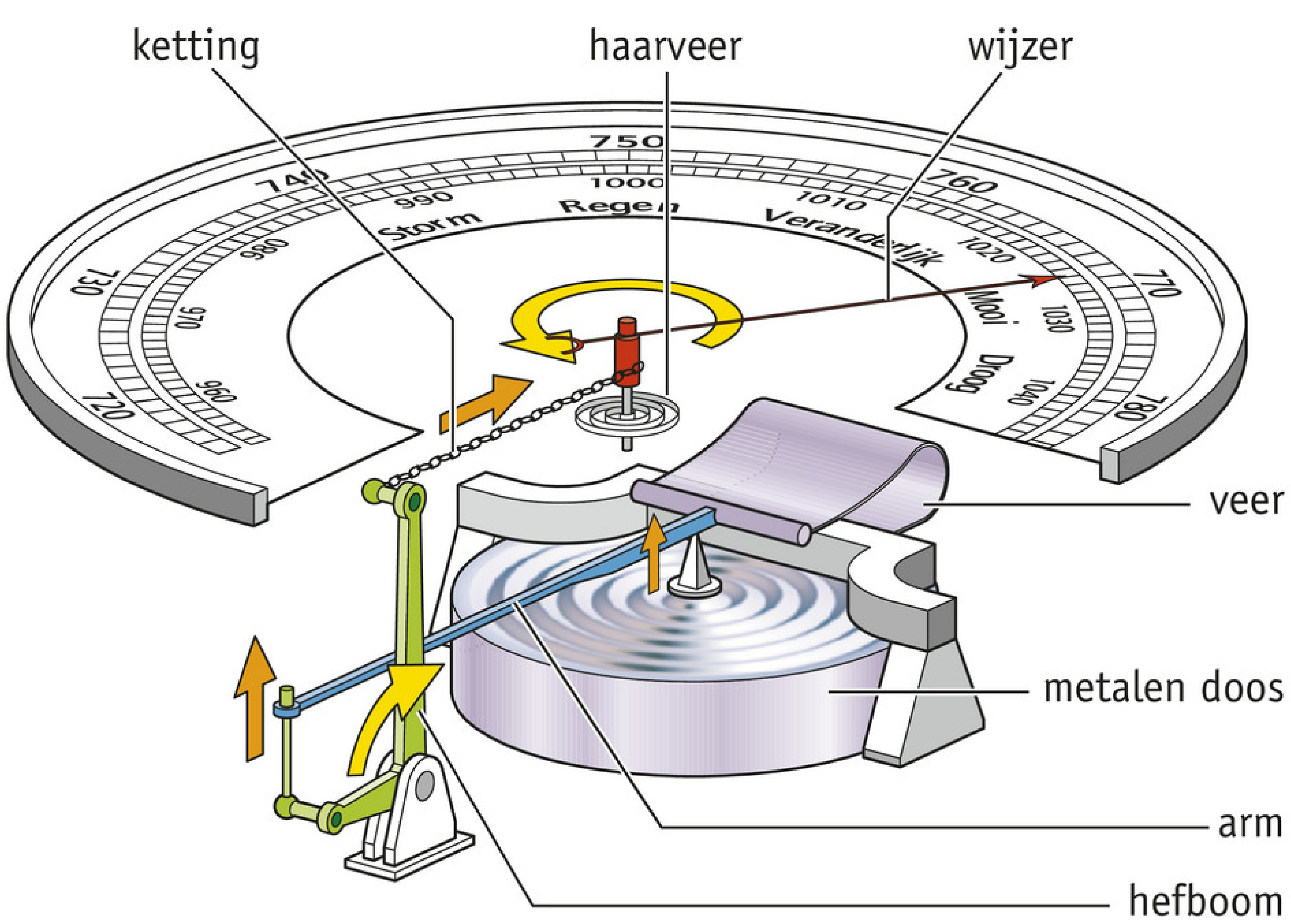
1 Luchtdruk

In het weerbericht hoor je voorspellingen over de temperatuur en de windkracht. Zo nu en dan wordt ook de luchtdruk genoemd. Die is blijkbaar ook van invloed op het weer.

De luchtdruk meten

In hoofdstuk 1 heb je kennisgemaakt met krachten. De kracht die op een bepaald oppervlak wordt uitgeoefend, noem je de druk. Lucht kun je weliswaar niet zien, maar lucht heeft wel degelijk massa. Het gewicht van de lucht drukt op het aardoppervlak en op je lichaam. Deze druk noem je de **luchtdruk**.

Met een **barometer** kun je meten hoe groot de luchtdruk is. In afbeelding 1 zie je hoe een **metaalbarometer** werkt. In zo'n barometer zit een metalen doosje waar de lucht grotendeels is uitgepompt. De bovenkant en de onderkant van het doosje zijn erg dun. Daardoor kan het gemakkelijk op en neer bewegen. Om het doosje meer stevigheid te geven, zijn de wanden gegolfd. Een veer voorkomt dat de luchtdruk het doosje in elkaar drukt.



▶ **afbeelding 1**
Zo werkt een barometer. In de afbeelding is de luchtdruk aan het dalen.

Het doosje reageert op veranderingen in de luchtdruk. Als de luchtdruk groter wordt, wordt de gegolfde bovenkant naar beneden geduwd. Als de luchtdruk daalt, veert de bovenkant weer terug. Deze bewegingen worden overgebracht op een wijzer. Die geeft de grootte van de luchtdruk aan op een wijzerplaat.

Op veel barometers staat de grootte van de luchtdruk aangegeven in **millibar** (mbar). Per definitie geldt: 1 mbar = 100 Pa = 0,1 kPa.

Hoge druk en lage druk

De luchtdruk is niet altijd even hoog. Op zeeniveau ligt de luchtdruk meestal tussen 970 en 1040 mbar (97 en 104 kPa). Wanneer de luchtdruk ergens lager is dan in de omgeving, heb je te maken met een **lagedrukgebied**. Wanneer de luchtdruk ergens hoger is dan in de omgeving, heb je te maken met een **hogedrukgebied**.

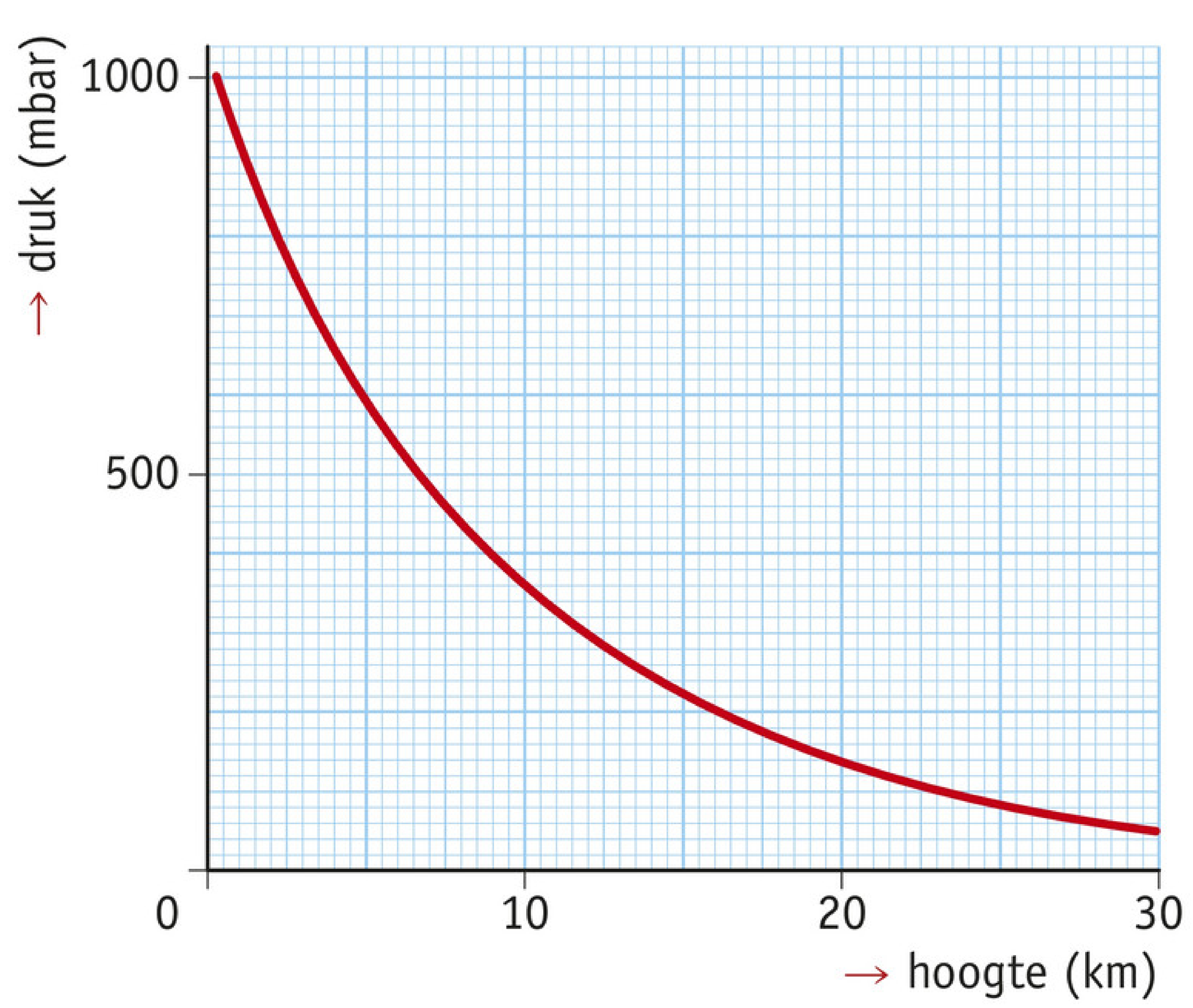
Een lagedrukgebied brengt vaak onrustig weer met veel wind en neerslag. In een hogedrukgebied is het weer meestal rustig en zonnig. Je kunt een barometer dus gebruiken als hulpmiddel om het weer te voorspellen. Als de luchtdruk stijgt, is dat een aanwijzing dat het weer zal verbeteren. Als de luchtdruk daalt, is de kans groot dat het weer gaat verslechteren.

Luchtdruk en hoogte

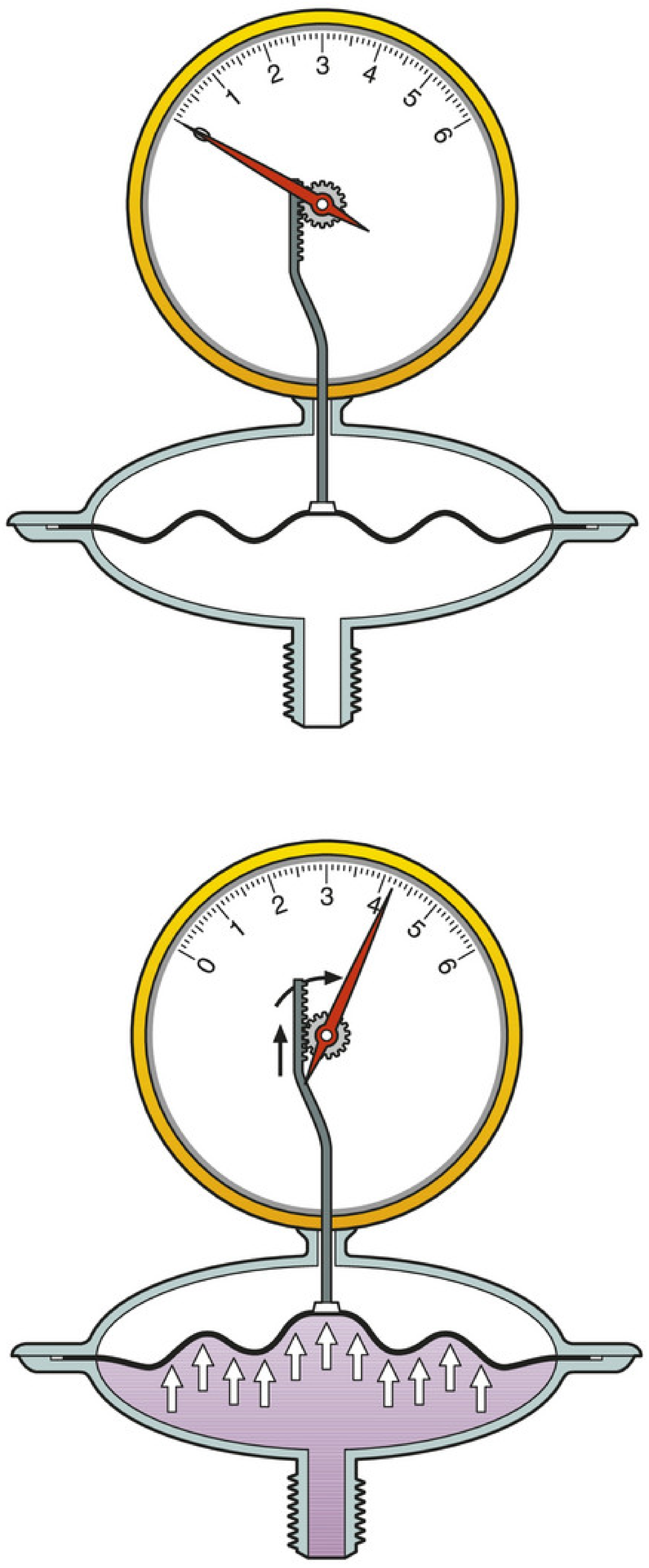
Ook al weegt 1 liter lucht niet zo veel, toch heeft alle lucht boven ons een behoorlijke massa. Boven je hoofd bevindt zich namelijk een kolom lucht die honderden kilometers hoog is. De druk van deze kolom lucht is even groot als de druk van een kolom water van 10 meter hoog. Als je al eens 10 meter diep gedoken bent, dan weet je dat de (extra) druk die je lichaam op deze diepte ervaart, behoorlijk groot is en pijn kan doen.

Al is de luchtdruk behoorlijk groot, toch merk je er meestal niets van. Dat komt doordat de holle ruimten in je lichaam (zoals de neusholte, mondholte, keelholte en de longen) gevuld zijn met lucht. Die lucht zorgt voor een tegendruk die even groot is als de luchtdruk van buitenaf. Hierdoor voel je niet dat de lucht op je lichaam drukt. Alleen als je snel stijgt of daalt, voel je aan de druk op de trommelvliezen in je oren dat de luchtdruk er is.

Hoe hoger je in de atmosfeer komt, hoe minder lucht er boven je is. De luchtdruk neemt dus af met de hoogte. Uit de afname van de luchtdruk kun je afleiden hoeveel meter je bent gestegen. Je kunt een barometer dus ook gebruiken als hoogtemeter. In afbeelding 2 is getekend hoe de luchtdruk afhangt van de hoogte waarop je je bevindt.



▶ **afbeelding 2**
Hoe hoger je komt, hoe lager de luchtdruk is.



▲ afbeelding 3
het meten van de overdruk met een manometer

Onderdruk en overdruk

In een autoband zit lucht. De druk van die lucht is hoger dan de druk van de buitenlucht. Als je de druk in de band wilt meten, heb je een **manometer** nodig. In afbeelding 3 zie je hoe een manometer werkt. De druk van de lucht in de band duwt een membraan (een gegolfd metalen plaatje) naar boven. De beweging wordt overgebracht op een wijzer, die de druk van de lucht aangeeft.

De meeste manometers geven niet de echte druk aan, maar de **overdruk**; dat is het verschil tussen de luchtdruk buiten en de druk in de band. De echte druk in de band vind je door de overdruk op te tellen bij de luchtdruk. Deze druk noem je de **absolute druk**. Voor de absolute druk geldt dus de formule:

absolute druk = luchtdruk + overdruk

Als je lucht wegpompt uit een afgesloten ruimte, ontstaat er in die ruimte een onderdruk. Denk bijvoorbeeld aan een stolp waar je de lucht onder vandaan pompt met een luchtpomp. Je kunt de onderdruk in de stolp meten met een manometer. Daarna kun je de echte druk berekenen met de formule:

absolute druk = luchtdruk – onderdruk

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Drukeenheden

Voor het meten van druk worden allerlei eenheden gebruikt. Natuurkundigen gebruiken de pascal (Pa). Hierbij geldt: 1 pascal is hetzelfde als 1 newton per vierkante meter (1 Pa = 1 N/m^2).

In het dagelijks leven worden nog allerlei andere drukeenheden gebruikt. Op manometers waarmee je de bandenspanning meet, wordt de eenheid atmosfeer (atm) gebruikt: 1 atm = 101 325 Pa.
Op metaalbarometers vind je vaak de eenheid millibar (mbar):
1 mbar = 100 Pa.
Een huisarts meet je bloeddruk in millimeter kwikdruk (mm Hg):
1 mm Hg ≈ 133 Pa.



▲ afbeelding 4
Een arts meet de bloeddruk tijdens een sportkeuring.

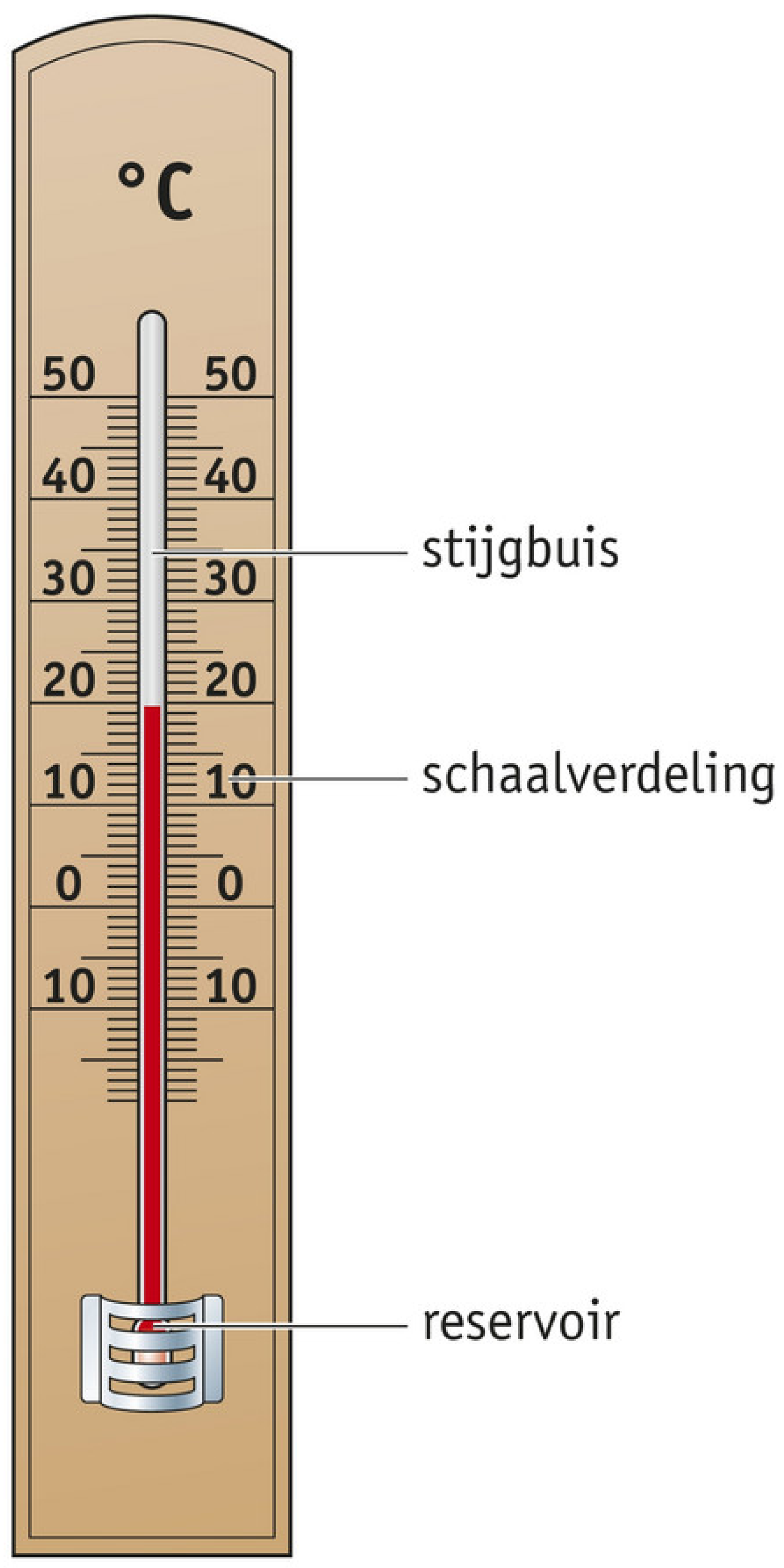
Voorbeeld

Een arts meet Antoinettes bloeddruk (afbeelding 4). Hij meet een bovenwaarde van 125 mm Hg en een onderwaarde van 78 mm Hg. Bereken hoe groot de bovenwaarde en de onderwaarde zijn in Pa.

bovenwaarde = 125 × 133 Pa = 16 625 Pa
onderwaarde = 78 × 133 Pa = 10 374 Pa

2 Temperatuur

We vinden het al snel lekker weer als de temperatuur hoog genoeg is. Om de temperatuur te meten, kun je verschillende soorten thermometers gebruiken.



▲ **afbeelding 5**
een vloeistofthermometer

De temperatuur meten Proef 1

Een belangrijk gegeven voor weerkundigen is de temperatuur van de buitenlucht. Voor het meten van de temperatuur worden verschillende soorten thermometers gebruikt.

De vloeistofthermometer

In afbeelding 5 zie je een **vloeistofthermometer**. Zo'n **thermometer** bestaat uit een **reservoir** en een **stijgbuis** waarlangs een schaalverdeling is aangebracht. Het reservoir is gevuld met een vloeistof (meestal alcohol).

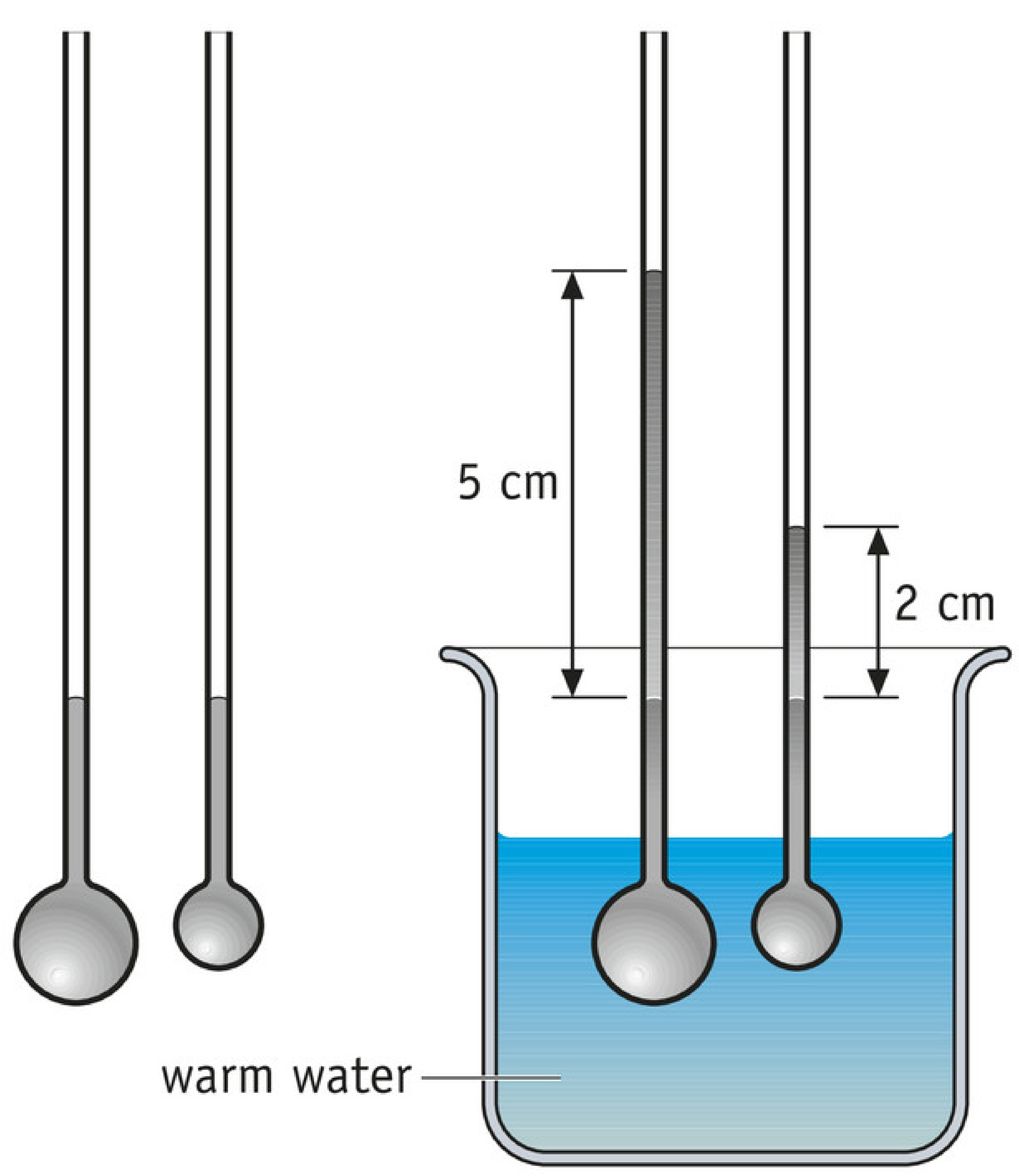
Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof uit en stijgt het vloeistofniveau in de buis. Als de temperatuur daalt, krimpt de vloeistof weer en daalt het vloeistofniveau. Omdat de stijgbuis erg nauw is, zie je de vloeistof al stijgen of dalen bij kleine temperatuurverschillen.

Als je zo'n thermometer in de zon hangt, gaat het mis. De thermometer krijgt dan een hogere temperatuur dan de buitenlucht (zoals je huid ook opwarmt als je in de zon zit; pas als er een wolk voor de zon schuift, voel je dat de lucht helemaal niet zo warm is). Een thermometer die in de zon hangt, kan wel 40 °C aanwijzen, terwijl de luchttemperatuur maar 20 °C is.

Weerkundigen hangen hun thermometers daarom 1,5 m boven de grond, in een wit geschilderd kastje. In dat kastje zitten openingen waar de wind vrij doorheen kan waaien. Zo kan de temperatuur van de buitenlucht betrouwbaar worden gemeten.

Een thermometer ijken

In het dagelijks leven worden thermometers gebruikt met een schaalverdeling in graden Celsius (°C). In afbeelding 6 zie je waarom een schaalverdeling nodig is. Twee thermometers worden in een bekerglas met heet water gezet. In de ene thermometer stijgt de alcohol 5 cm, terwijl de alcohol in de andere thermometer maar 2 cm omhooggaat.



◀ **afbeelding 6**
Aan deze twee thermometers zie je waarom een schaalverdeling onmisbaar is.

Je kunt de temperatuur dus niet zomaar afleiden uit de hoogte van de alcohol. Eerst moet je een schaalverdeling maken. Het aanbrengen of controleren van een schaalverdeling wordt **ijken** genoemd. Bij het ijken van een thermometer in graden Celsius zet je streepjes bij twee vaste temperaturen: het smeltpunt van ijs (0 °C) en het kookpunt van water (100 °C). Daarna verdeel je de afstand tussen de beide streepjes in honderd gelijke afstanden.

Er is nog een moeilijkheid: het kookpunt van water is alleen 100 °C bij een luchtdruk van 1000 mbar (100 kPa). Stijgt de luchtdruk boven de 1000 mbar, dan is het kookpunt hoger dan 100 °C. Daalt de luchtdruk onder de 1000 mbar, dan is het kookpunt lager dan 100 °C. Bij het maken van een thermometer moet je hier rekening mee houden. Anders komt het streepje van 100 °C niet op de juiste plaats terecht.

Celsius, Fahrenheit en kelvin

In grote delen van Europa wordt de temperatuur uitgedrukt in graden Celsius. In Amerika wordt de temperatuur uitgedrukt in graden Fahrenheit. Voor de Fahrenheitschaal zijn de temperatuur van het menselijk lichaam (96 °F) en het smeltpunt van een mengsel van water en zout (0 °F) als ijkpunten gebruikt.
Voor het omrekenen van °F naar °C gebruik je de volgende formule:

$$T_C = (T_F - 32) \times \frac{5}{9}$$

In deze formule is T_C de temperatuur in graden Celsius en T_F de temperatuur in graden Fahrenheit.

Voor het omrekenen van °C naar °F gebruik je de volgende formule:

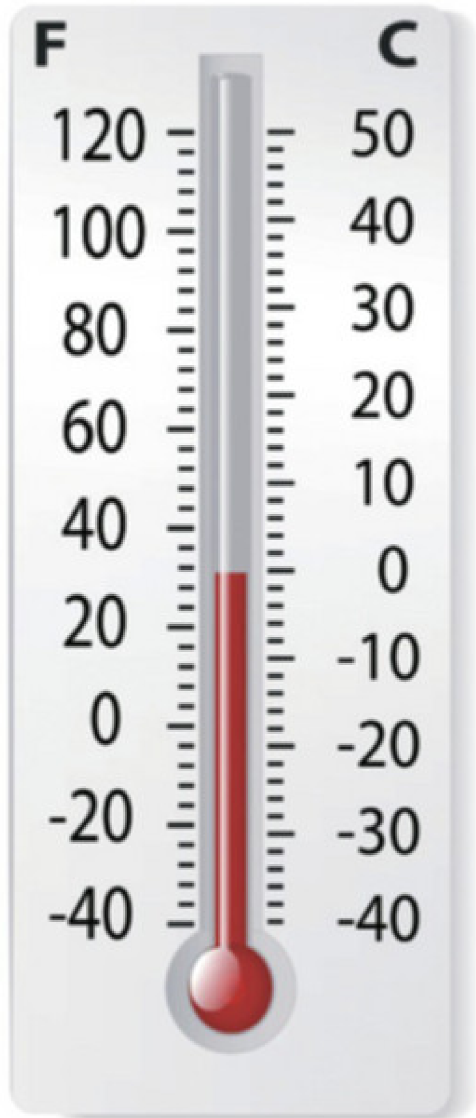
$$T_F = T_C \times \frac{9}{5} + 32$$

Voorbeeld
Volgens het weerbericht in Amerika is het 10 °F.
Reken deze temperatuur om naar °C.

$$T_C = (T_F - 32) \times \frac{5}{9}$$

$$T_C = (10 - 32) \times \frac{5}{9}$$

$$T_C = -12\ °C$$



▲ **afbeelding 7**
Met deze thermometer hoef je niet om te rekenen.

10 °F is dus een lage temperatuur. In Nederland zou je zeggen dat het 12 graden vriest. Het omrekenen is vrij bewerkelijk. Daarom bestaan er ook thermometers die de temperatuur zowel in °F als in °C aangeven (afbeelding 7).

Een derde eenheid van temperatuur is de kelvin (K). Voor het omrekenen gebruik je de volgende formules:

$$T_C = T_K - 273$$

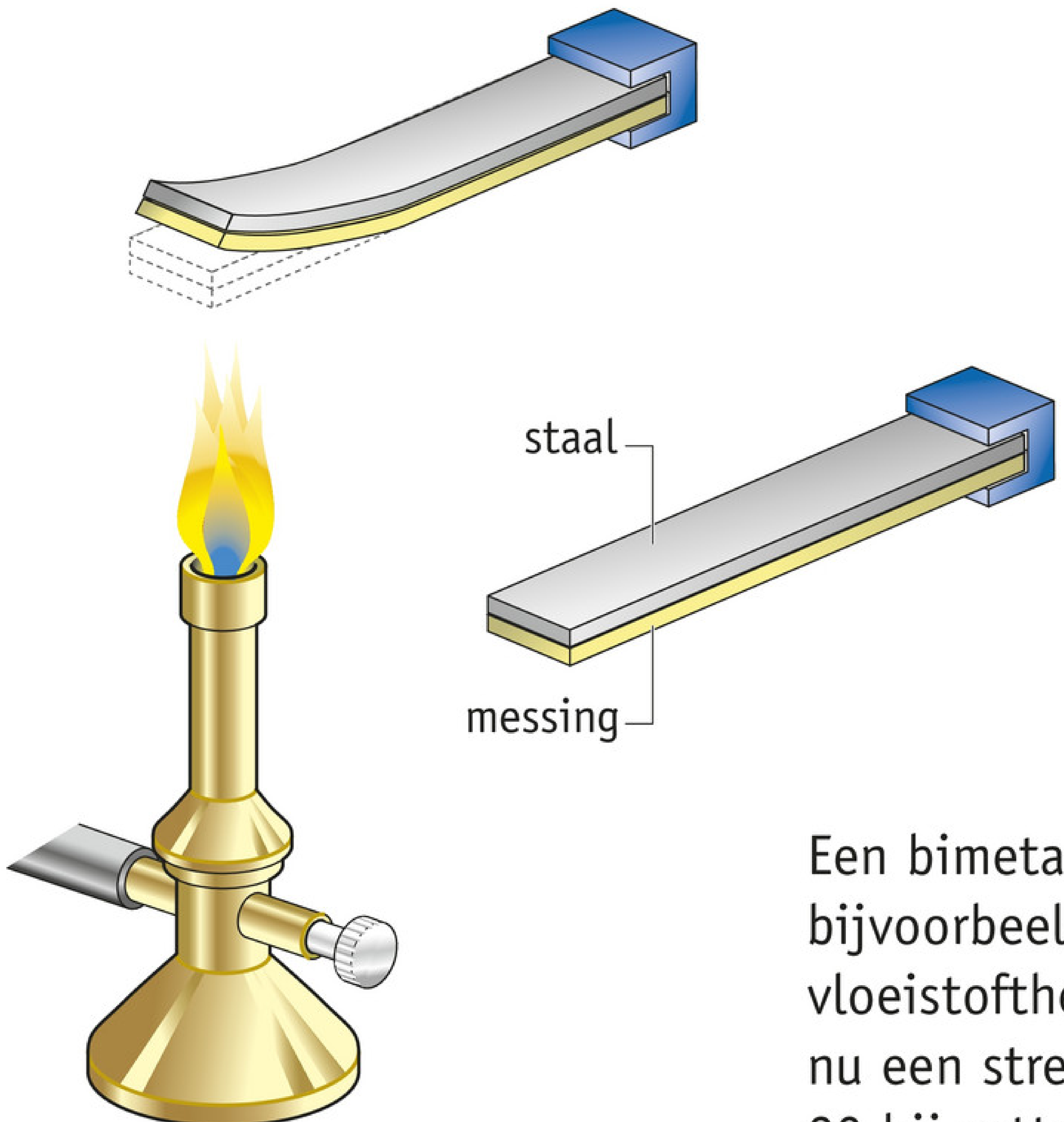
$$T_K = T_C + 273$$

In deze formules is T_C de temperatuur in graden Celsius en T_K de temperatuur in kelvin.

De bimetaalthermometer Proef 2

Een vloeistofthermometer werkt met een vloeistof die uitzet en inkrimpt. Er zijn ook thermometers die werken met een **bimetaal**. Een bimetaal bestaat uit twee strips van verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn verbonden.

Als de temperatuur stijgt, zet de ene strip sterker uit dan de andere. Hierdoor trekt het bimetaal krom (afbeelding 8). Het metaal dat het meest uitzet, vormt de ‘buitenbocht’. Als de temperatuur daalt, trekt het bimetaal ook krom, maar dan in tegenovergestelde richting. Zo kan het bimetaal een wijzer in beweging brengen die langs een schaalverdeling beweegt.



▲ **afbeelding 8**
Het bimetaal trekt krom als de temperatuur stijgt.

Een bimetaalthermometer moet voor gebruik worden geijkt. Dat kan bijvoorbeeld met behulp van een betrouwbare vloeistofthermometer. De vloeistofthermometer geeft 20 °C aan. Op de bimetaalthermometer kun je nu een streepje zetten op de plaats waar de wijzer staat en daar het getal 20 bij zetten.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Gevoelstemperatuur

Als het koud weer is, kan je lichaam snel afkoelen. Dat ligt niet alleen aan de temperatuur. Het is ook belangrijk hoe hard het waait. Hoe groter de windsnelheid, hoe meer warmte je lichaam kwijtraakt. Daardoor voelt –5 °C bij harde wind even koud aan als –18 °C bij rustig weer. In het weerbericht wordt in zo'n geval gezegd: "De **gevoelstemperatuur** is vandaag 18 graden onder nul."

De gevoelstemperatuur wordt alleen in het weerbericht vermeld als het echt flink koud is, zoals bij een gevoelstemperatuur van –15 °C of lager (afbeelding 9). Vanaf die waarde bestaat het risico dat onbedekte lichaamsdelen bevriezen. Als de gevoelstemperatuur onder –20 °C ligt, kunnen ook warm geklede mensen gemakkelijk door de kou worden bevangen. Voor een goede bescherming heb je dan extra winddichte kleding nodig.



▶ **afbeelding 9**
Bij de Elfstedentocht in 1997 lag de gevoelstemperatuur onder de –15 °C.

3 Wolken en neerslag

Als het regent, is het altijd bewolkt. Een wolk bestaat dan ook niet alleen uit gas, maar voor een gedeelte ook uit vloeistof.



▲ **afbeelding 10**
dauw

Waterdamp in de lucht

Bij warm weer is een plas water snel verdwenen. Het vloeibare water verdampt en wordt als waterdamp opgenomen door de lucht. Daardoor bevat de lucht om je heen altijd wel waterdamp: de ene keer meer, de andere keer minder. Je kunt die waterdamp niet zien. Waterdamp is een onzichtbaar gas, net als zuurstof en stikstof.

Hoe hoger de temperatuur is, hoe meer waterdamp de lucht kan bevatten. Daarom blaast een wasdroger warme lucht door het natte wasgoed. Warme lucht neemt het water veel gemakkelijker op dan koude lucht.

Dauw en rijp

Als het overdag warm is, verdampt er veel water. De lucht neemt dan grote hoeveelheden waterdamp op. 's Nachts koelt de lucht weer af. Als de temperatuur te ver daalt, kan de lucht al die waterdamp niet meer bevatten. Het teveel aan waterdamp condenseert dan tot kleine waterdruppeltjes. Die druppeltjes ontstaan vooral op plaatsen waar de lucht in contact komt met een koud oppervlak. Zo ontstaat **dauw** (afbeelding 10).

Als de temperatuur onder het vriespunt ligt, ontstaat er geen dauw, maar rijp. Rijp bestaat uit heel kleine ijskristallen. De waterdamp in de lucht is veranderd in ijs zonder eerst vloeibaar te worden. De fase-overgang van waterdamp naar ijs wordt **rijpen** genoemd (afbeelding 11).

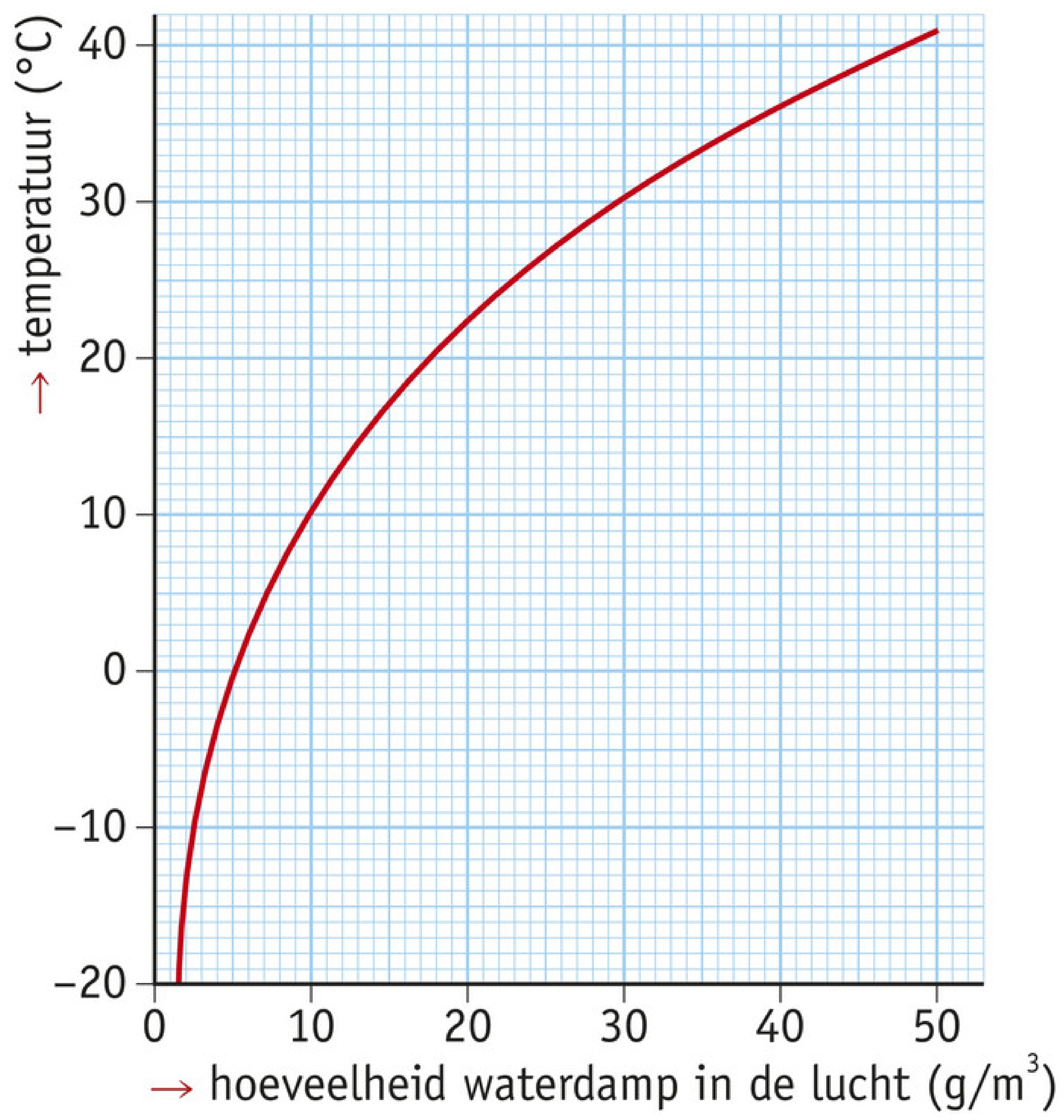


▶ **afbeelding 11**
rijp

Het dauwpunt

Als je lucht voldoende afkoelt, gaat de waterdamp in de lucht condenseren. De temperatuur waarbij dat gebeurt, wordt het **dauwpunt** genoemd. Die temperatuur is niet altijd even hoog. Als er weinig waterdamp in de lucht aanwezig is, moet je de lucht sterk afkoelen voordat de waterdamp gaat condenseren. Hoe minder waterdamp de lucht bevat, hoe lager het dauwpunt ligt (afbeelding 12). Bevat de lucht:

- 10 g waterdamp per m^3, dan is het dauwpunt 10 °C;
- 7 g waterdamp per m^3, dan is het dauwpunt 5 °C;
- 5 g waterdamp per m^3, dan is het dauwpunt 0 °C.



▶ **afbeelding 12**
het verband tussen de hoeveelheid waterdamp in de lucht en het dauwpunt

Als het helder weer is zonder wolken, koelt het 's nachts sterk af. De kans is dan groot dat de temperatuur daalt tot onder het dauwpunt. Daardoor is het gras na een heldere herfstnacht vaak kletsnat van de dauw.

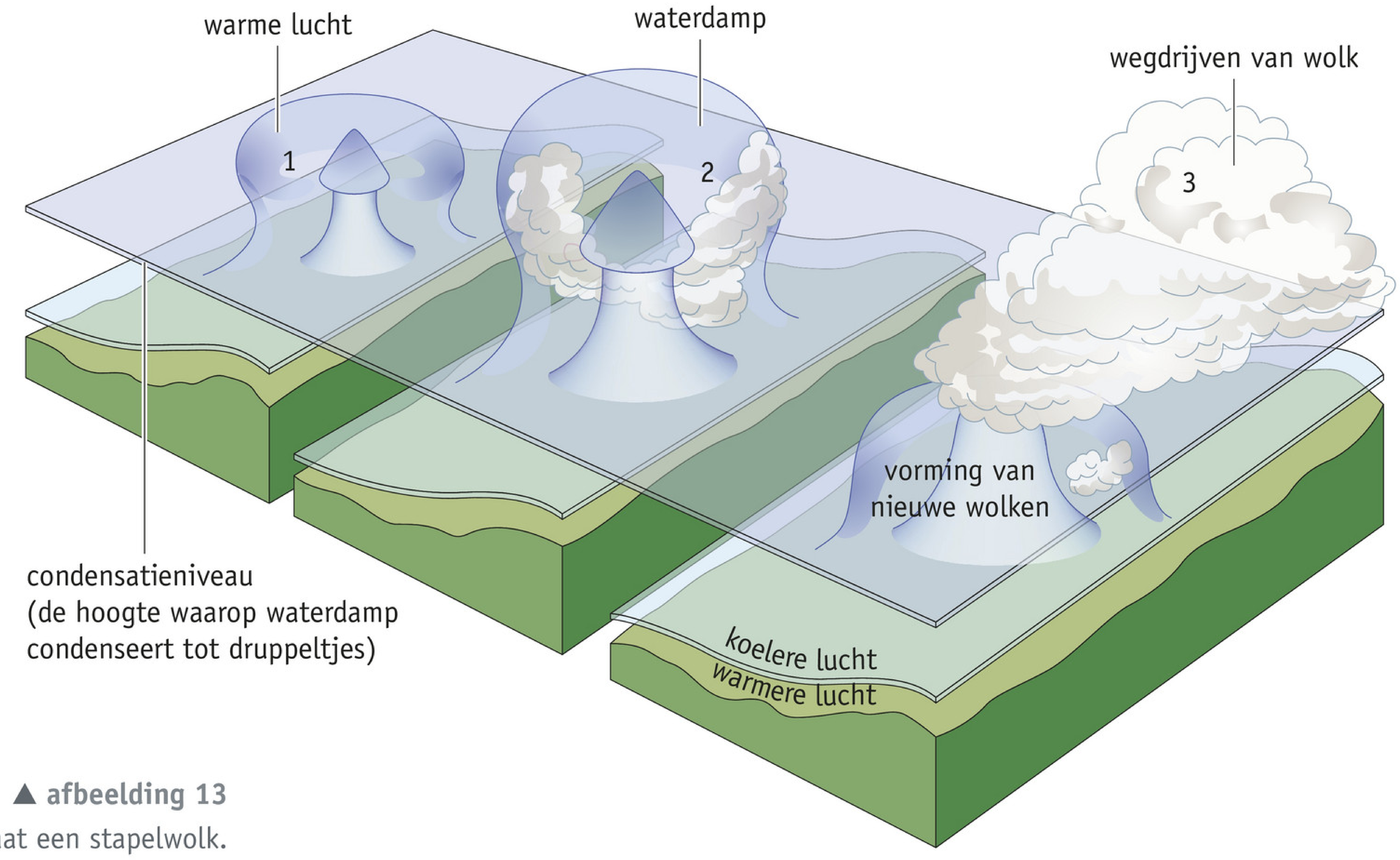
Het ontstaan van stapelwolken

Als de zon het aardoppervlak verwarmt, wordt de bodem op de ene plaats warmer dan op de andere. Een kale zandvlakte wordt bijvoorbeeld heter dan een bosgebied. Op plaatsen waar de grond warmer is, wordt de lucht vlak boven de grond ook warmer. Zo ontstaan grote bellen met warme lucht.

Lucht die warm wordt, zet uit. Daardoor hebben de bellen met warme lucht een kleinere dichtheid dan de omringende, koudere lucht. Het gevolg is dat de bellen warme lucht omhoog bewegen (alsof het onzichtbare heteluchtballonnen zijn).

Tijdens het stijgen zet de lucht in een bel uit en koelt af. Op een gegeven moment daalt de temperatuur tot onder het dauwpunt. De waterdamp in de luchtbel begint dan te condenseren. Er ontstaan heel kleine waterdruppels. De luchtbel wordt nu zichtbaar; er is een stapelwolk ontstaan.

Een stapelwolk is aan de onderkant meestal vlak. Op die hoogte ligt het **condensatieniveau**: de hoogte waarop de waterdamp begint te condenseren (afbeelding 13). De toppen van de stapelwolk geven aan hoe hoog de bellen met warme lucht zijn gestegen.



▲ **afbeelding 13**
Zo ontstaat een stapelwolk.

Mooiweerwolken en buienwolken

Soms is de temperatuur in de opstijgende luchtbellen niet veel hoger dan die van de omringende lucht. Zo'n luchtbel stijgt dan langzaam en bereikt geen grote hoogte. Je krijgt dan een echte mooiweerwolk (afbeelding 14). In zo'n wolk stroomt de lucht rustig.



▶ **afbeelding 14**
mooiweerwolken

Als de opstijgende lucht veel warmer is dan de omringende lucht, kunnen de luchtbellen een grote hoogte bereiken. Je krijgt dan grote wolken met een donkere onderkant (afbeelding 15). Boven in de wolken vormen zich ijskristallen. De ijskristallen groeien tot ze te zwaar worden om door de opstijgende lucht te worden meegenomen. Ze vallen dan uit de wolk naar beneden.



▶ **afbeelding 15**
buienwolken

Vaak smelten de ijskristallen voor ze de aarde bereiken. In dat geval valt er regen. Als de luchttemperatuur 's winters onder de 0 °C ligt, bereiken de ijskristallen het aardoppervlak zonder te smelten: dan sneeuwt of hagelt het.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Luchtvochtigheid

Op een warme dag produceren de zweetklieren in je huid veel zweet. Doordat het zweet verdampt, koel je af en heb je minder last van de warmte. Als de lucht weinig waterdamp bevat, verdampt het zweet snel. Je krijgt het dan niet te warm. Als de lucht veel waterdamp bevat, verdampt het zweet langzaam. Je krijgt het dan erg warm en je huid voelt klam aan.

Met een hygrometer kun je de **luchtvochtigheid** meten. De schaal op die meter loopt van 0% tot 100% (afbeelding 16). Een luchtvochtigheid van 100% betekent dat de lucht de maximale hoeveelheid waterdamp bevat. Bij een temperatuur van 29 °C is dat bijvoorbeeld 30 gram waterdamp per m^3. Het is dan 'erg drukkend weer'.

De luchtvochtigheid is 50% als de lucht de helft van de maximale hoeveelheid waterdamp bevat. Bij een temperatuur van 29 °C is dat 15 gram waterdamp per m^3.

Reken maar na: $\frac{15}{30} = 0{,}5 = 50\%$.

Voorbeeld

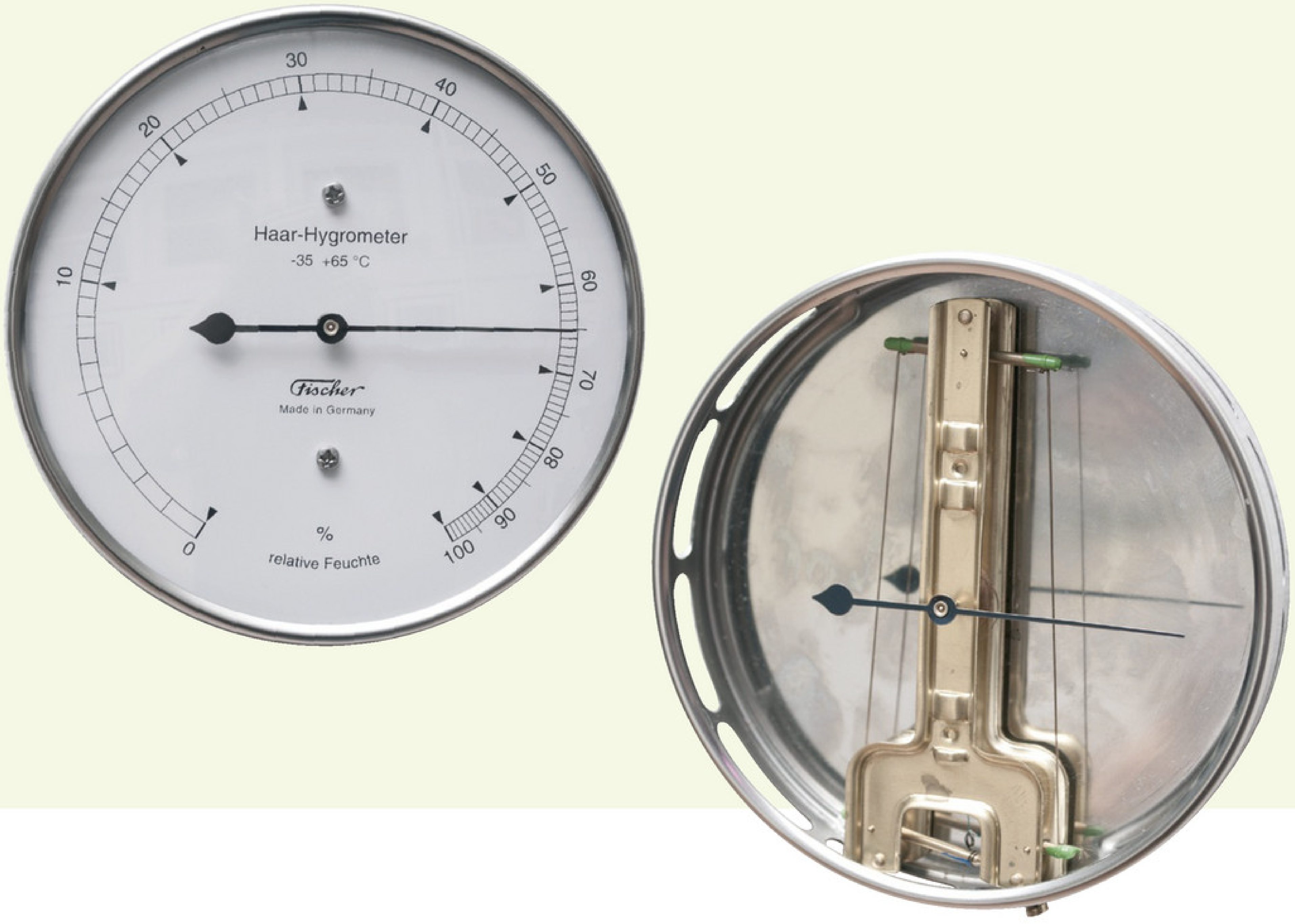
Op een warme zomerdag is het 29 °C. De lucht bevat 12 gram waterdamp per m^3.

Bereken hoe groot de luchtvochtigheid is.

De maximale hoeveelheid waterdamp bij 29 °C is 30 gram per m^3.

De luchtvochtigheid is dus:

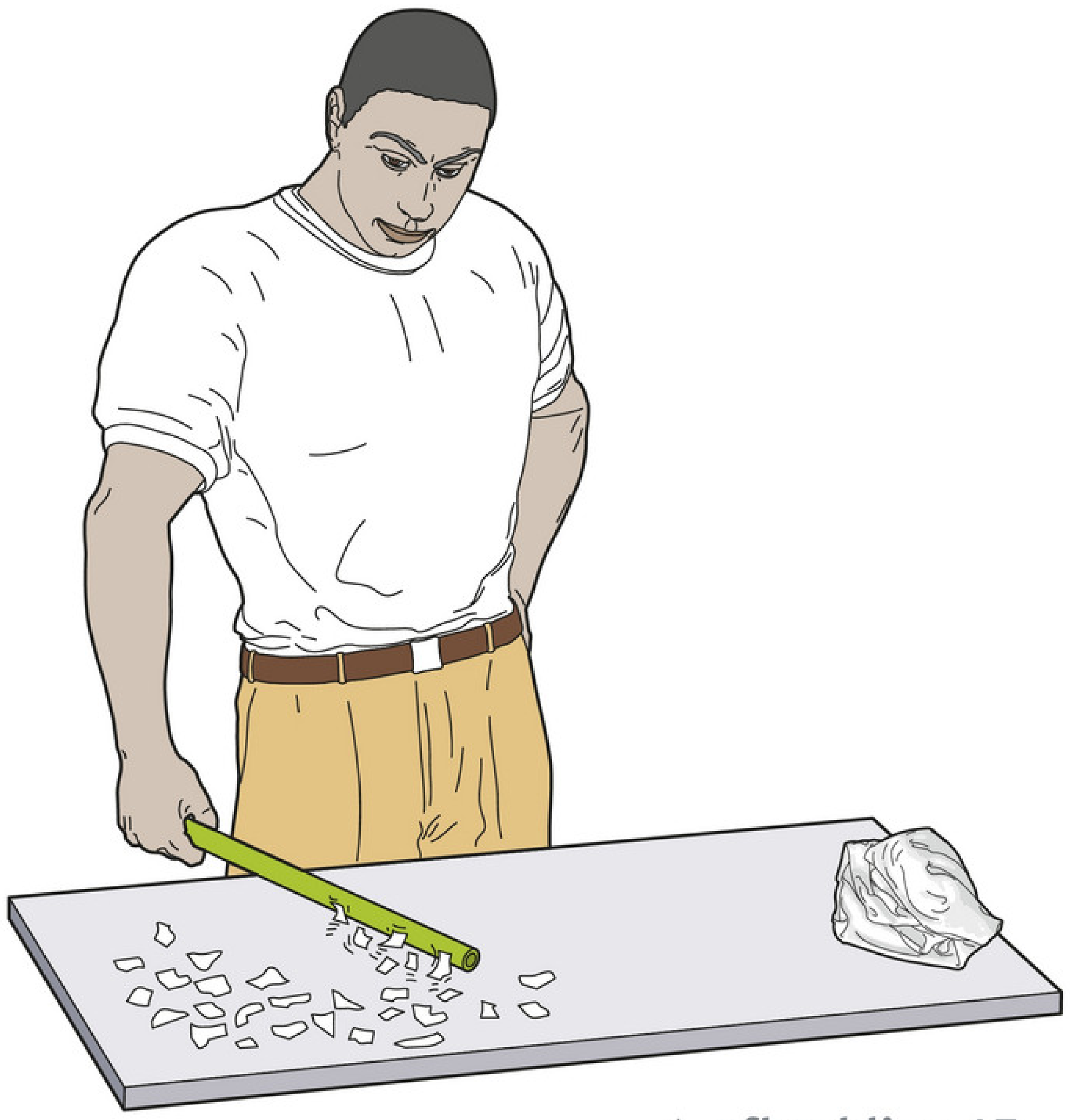
$$\frac{12}{30} = 0{,}4 = 40\%$$



▶ **afbeelding 16**
een haarhygrometer (voorkant en achterkant)

4 Onweer

Onweerswolken hebben een andere vorm en samenstelling dan regenwolken. Daarom zien ze er anders uit en kunnen ze zelfs elektrisch geladen zijn.



▲ **afbeelding 17**
Papiersnippers worden aangetrokken door de geladen pvc-buis.

Voorwerpen opladen Proef 3 en 4

Als je over een pvc-buis wrijft met een wollen doek, trekt de buis daarna snippers papier aan (afbeelding 17). Ook een dun waterstraaltje wordt door de buis aangetrokken. Je zegt dat de pvc-buis door het wrijven **elektrisch geladen** of **statisch** is.

Er zijn allerlei voorwerpen die je gemakkelijk elektrisch kunt laden. Dat doe je door er met een ander voorwerp langs te strijken. Je kunt je haren laden door ze te kammen of te borstelen. Je kunt plakband laden door het snel van de rol te trekken. Je kunt een ballon laden door ermee over je trui te wrijven.

Dat een voorwerp geladen is, kun je op verschillende manieren merken. Een geladen voorwerp trekt andere voorwerpen aan. Voorwerpen die op dezelfde manier geladen zijn, stoten elkaar juist af. Daardoor kunnen je haren rechtop gaan staan als je ze kamt.

Ontladen

Een geladen voorwerp ontlaadt: het raakt zijn lading langzaam weer kwijt. Hoe meer waterdamp er in de lucht zit, hoe sneller het voorwerp zal ontladen. Proeven met geladen voorwerpen lukken daarom het best als de lucht erg droog is. In vochtige lucht is de lading te vlug verdwenen.

Er is nog een andere manier waarop een geladen voorwerp kan ontladen. Als een geladen voorwerp een ongeladen voorwerp aanraakt, ontlaadt het heel snel. Daarbij kan soms zelfs een vonk overspringen. Op die manier raakt het geladen voorwerp in een fractie van een seconde (een deel van) zijn lading kwijt.

Bliksem en donder

Onweersbuien ontstaan wanneer bellen met warme, vochtige lucht snel opstijgen. Je krijgt dan grote onweerswolken die meer dan 10 km hoog kunnen worden. De lucht in een onweerswolk is sterk in beweging. Warme lucht stijgt op, en koude lucht met hagel en regen valt naar beneden. IJskristallen en waterdruppels botsen en bewegen langs elkaar. Hierbij ontstaat elektrische lading, net als wanneer je met een wollen doek over een pvc-buis wrijft. Het gevolg is dat de wolk wordt geladen.



▲ **afbeelding 18**
Een blikseminslag: een korte, hevige stroomstoot vernietigt een boom.

Tussen de onderkant van een onweerswolk en de aarde staat een hoge spanning, die kan oplopen tot honderden miljoenen volt. Dat is genoeg om een enorme vonk – een **bliksemflits** – te laten overspringen van de wolk naar de aarde (afbeelding 18).

Een bliksemflits wordt veroorzaakt door een korte, hevige stroomstoot waarbij een onweerswolk gedeeltelijk wordt ontladen. De temperatuur in een bliksemflits kan oplopen tot 30 000 °C. Door de enorme hitte zet de lucht rond het pad van de bliksem sterk uit. Daardoor ontstaat een geluidsgolf die zich in alle richtingen verspreidt. Dit geluid – en de echo's ervan – hoor je als de **donder**.

Schade door onweer

De bliksem slaat vaak in op hoge voorwerpen, zoals hoge bomen en kerktorens. De stroom zoekt daarna een weg door het voorwerp naar de grond. Langs de weg die de bliksem volgt, wordt veel schade aangericht. De stroomsterkte in een bliksemflits kan oplopen tot 20 000 A. Een stroomsterkte van 0,06 A kan al dodelijk zijn, dus 20 000 A is enorm hoog. Ook kan er brand ontstaan door de grote hitte.

Je kunt hoge gebouwen met een bliksemafleider beschermen tegen blikseminslagen (afbeelding 19). Een bliksemafleider biedt de bliksem een goedgeleidende weg van het hoogste punt van het gebouw naar de aarde. De bliksem zal die weg eerder volgen dan de veel slechter geleidende route door de muren van het gebouw.



▶ **afbeelding 19**
Hoge gebouwen zijn beveiligd met een bliksemafleider.



▶ **afbeelding 20**
Hagelstenen kunnen erg groot worden.

Uit onweerswolken valt vaak hagel. In een hevige onweersbui kunnen hagelstenen erg groot worden, doordat ze waterdruppels en ijskristallen ‘opvegen’ (afbeelding 20). Als ze ten slotte naar beneden vallen, kunnen ze veel schade aanrichten en mensen ernstig verwonden.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Overspanning

Een blikseminslag heeft niet alleen effect op de plaats waar hij inslaat. Tot meer dan 1 km in de omtrek ontstaan er **spanningspieken** in elektriciteits- en telefoonleidingen. Daarbij stijgt de spanning opeens tot ver boven de gewone waarde. Zo’n spanningspiek duurt minder dan 1/100 seconde, maar kan in die tijd wel allerlei apparaten beschadigen. Vooral elektronica (in computers, telefoons, videorecorders, automatische thermostaten, enzovoort) is erg kwetsbaar.

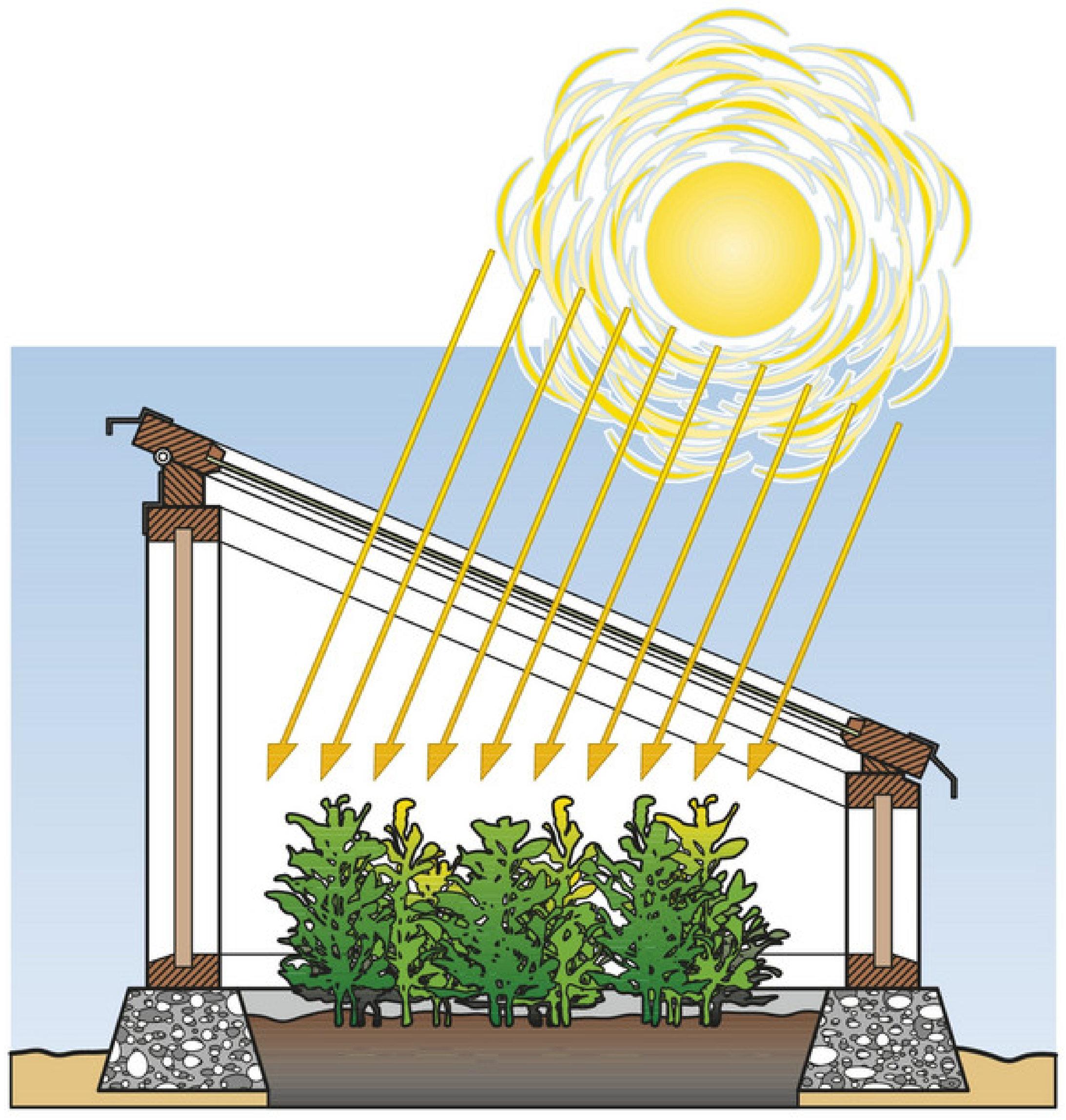


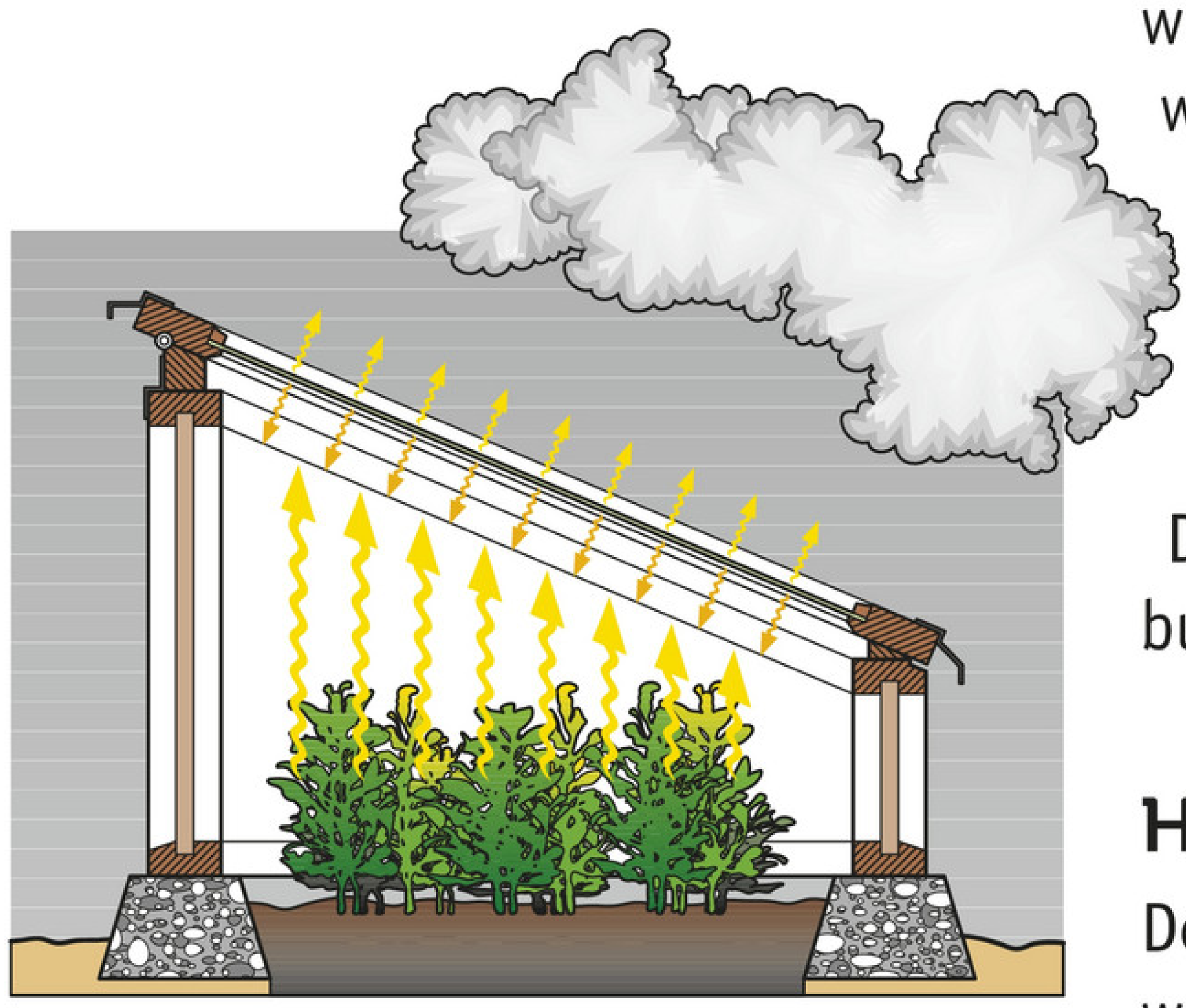
Om schade te voorkomen, kun je in de meterkast een **overspanningsbeveiliging** laten monteren. Deze beveiliging zorgt ervoor dat spanningspieken worden tegengehouden. Kwetsbare apparaten kun je extra beveiligen door ze aan te sluiten op een contactdoos met overspanningsbeveiliging (afbeelding 21).

◀ **afbeelding 21**
Deze contactdoos voorkomt schade via de overspanningsbeveiliging.

5 Het versterkte broeikaseffect

In de lucht zitten gassen die warmte vasthouden. De lucht warmt daardoor op zoals in een broeikas en dat is een prima zaak!





▲ **afbeelding 22**
De warmte van de zon wordt vastgehouden in de broeikas.

Een broeikas

Als de zon schijnt, wordt de temperatuur van het aardoppervlak hoger. Dat komt doordat de grond, de planten, enzovoort, zonlicht absorberen en op die manier opwarmen. De warmte wordt ook weer afgegeven. Dat gebeurt bijvoorbeeld doordat de grond warmte gaat uitstralen. Op een zonnige zomerdag voel je de warmte die een opgewarmd zandstrand uitstraalt goed. De warmtestraling die je voelt, is **infrarode straling**.

Het glas van een broeikas laat zonlicht door. Het licht kan zo de broeikas binnenkomen en de grond en de planten in de kas verwarmen (afbeelding 22). De temperatuur van de grond en de planten stijgt, waardoor ze meer infrarode straling gaan uitstralen. De lucht in de kas warmt op.

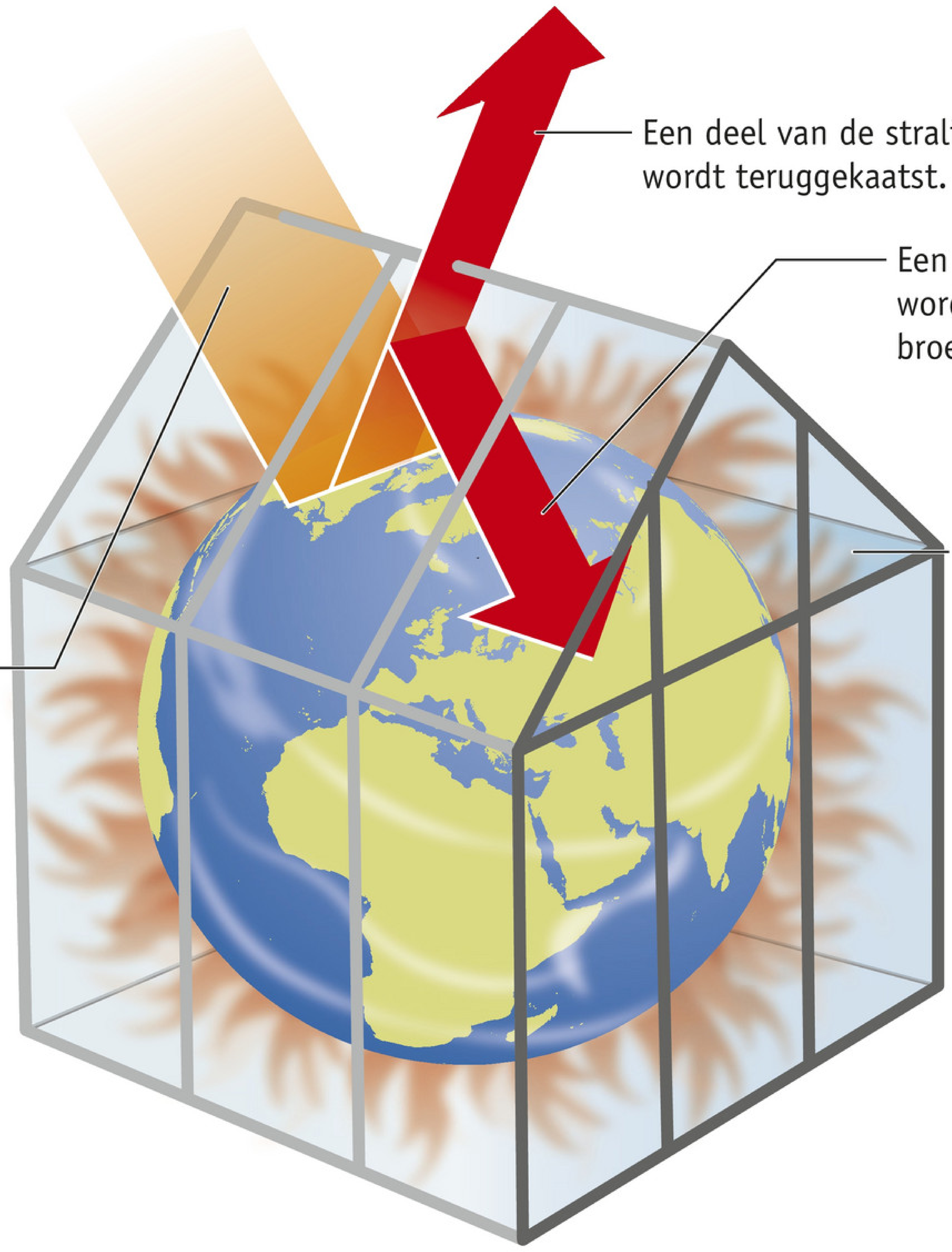
Omdat glas geen goede warmtegeleider is, kan de warmte maar moeilijk ontsnappen. Ook kan de opgewarmde lucht niet door de wind worden weggevoerd en zijn er geen luchtstromen die de grond afkoelen. De temperatuur in de kas wordt daardoor veel hoger dan de temperatuur buiten.

Het broeikaseffect in de atmosfeer

De manier waarop de zon de aarde verwarmt, lijkt veel op de manier waarop een broeikas wordt verwarmd. De atmosfeer laat het licht van de zon door, net als het glas van de broeikas. Het aardoppervlak absorbeert een groot gedeelte van het zonlicht en stijgt daardoor in temperatuur.

Door die temperatuurstijging gaat het aardoppervlak meer infrarode straling uitstralen. Deze infrarode straling wordt voor een deel door de atmosfeer geabsorbeerd. Hierdoor stijgt de temperatuur van de atmosfeer. Dit heet het **natuurlijke broeikaseffect**, omdat het door de opwarming lijkt alsof er om de aarde een enorme broeikas zit (afbeelding 23).

De gassen die de infrarode straling absorberen, worden ‘broeikasgassen’ genoemd. Belangrijke broeikasgassen zijn koolstofdioxide, waterdamp en methaan. Zonder deze gassen zou het op aarde (gemiddeld) 30 °C kouder zijn. Als er geen broeikasgassen in de atmosfeer zouden zitten, zouden de nu aanwezige dieren en mensen niet op aarde rondlopen.



▶ **afbeelding 23**
het broeikaseffect

Het versterkte broeikaseffect

Fossiele brandstoffen, zoals aardgas, aardolie en steenkool, worden op veel plaatsen gebruikt:
- in motoren van auto's en brommers;
- in de verwarming van je huis;
- om elektriciteit op te wekken;
- om vliegtuigen te laten vliegen.

Bij de verbranding van deze brandstoffen komt koolstofdioxidegas (CO_2) vrij. De mensen op aarde verbranden steeds meer fossiele brandstoffen. Daardoor is er de laatste driehonderd jaar steeds meer koolstofdioxide in de atmosfeer terechtgekomen. Hierdoor wordt het broeikaseffect versterkt. Veel deskundigen voorspellen een stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde. Deze opwarming noem je het **versterkte broeikaseffect**.

Naar de gevolgen van deze temperatuurstijging wordt veel onderzoek gedaan (afbeelding 24). Er wordt bijvoorbeeld gewaarschuwd voor een stijging van de zeespiegel. Landen proberen afspraken te maken om de uitstoot van koolstofdioxide te beperken, maar dat heeft nog weinig effect.

Opwarming zal in Nederland honderden levens eisen

ROTTERDAM – Opwarming van de aarde zal de komende decennia nadelige effecten hebben op de Nederlandse volksgezondheid. Zo zullen er jaarlijks honderden mensen meer dan nu overlijden door hittestress en zal de ziekte van Lyme door tekenbeten toenemen. Dit blijkt uit een rapport dat woensdag is verschenen. Volgens de onderzoekers gaat het om honderden sterfgevallen en enkele duizenden ziektegevallen extra per jaar. Vooral ouderen zullen het slachtoffer worden van hittegolven en vervroegd overlijden, aldus het rapport. Al bij temperaturen boven de 20 °C treedt er extra sterfte op. De wetenschappers adviseren richtlijnen te geven voor de bouw van koelere huizen en instellingen. Ze maken zich vooral zorgen over de langere termijn, de tweede helft van deze eeuw.

▶ **afbeelding 24**
het versterkte broeikaseffect: levensgevaarlijk

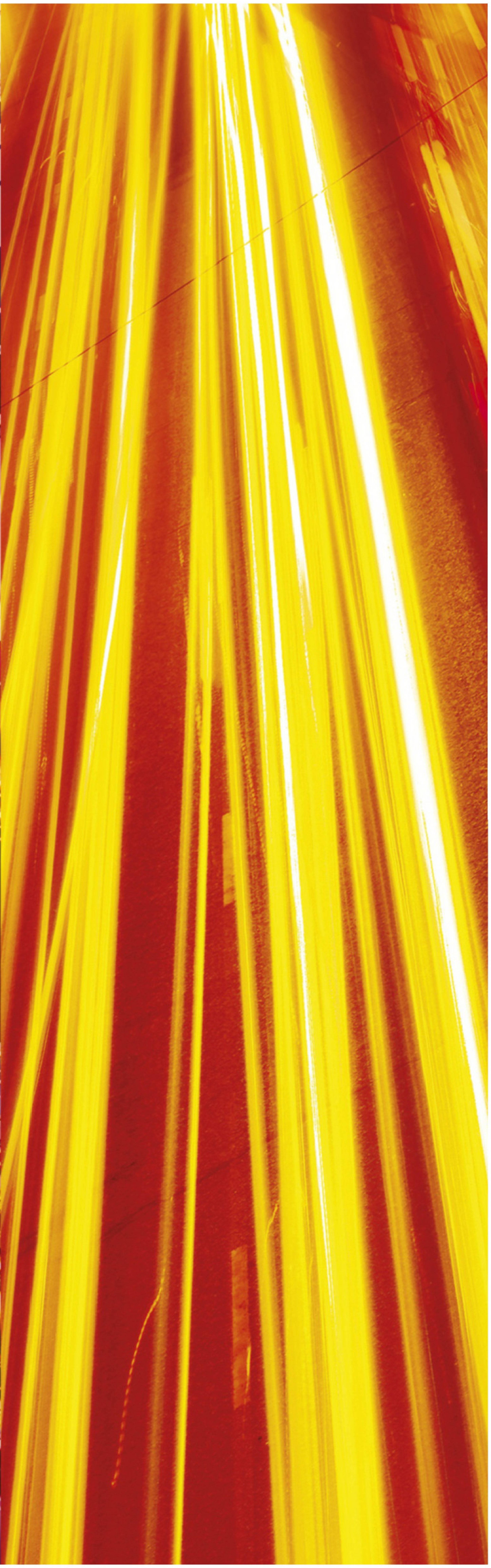
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Aardgas: een broeikasgas

Het hoofdbestanddeel van aardgas is methaan. Methaan is een broeikasgas dat, net als koolstofdioxide, in geringe hoeveelheden in de atmosfeer voorkomt. Na koolstofdioxide draagt methaan het meest bij aan het versterkte broeikaseffect. Dat komt doordat methaan de infrarode straling goed vasthoudt. Methaan absorbeert de warmte zelfs nog beter dan koolstofdioxide. Om eenzelfde hoeveelheid straling te absorberen, is er veel minder methaan nodig dan koolstofdioxide.

Aardgas vind je normaal gesproken op grote diepte in de grond. Het is daar ontstaan door het rotten van planten- en dierenresten. Ook bij het rotten van huishoudelijk afval op de vuilstortplaats ontstaat methaan. Hierdoor komt er extra methaan in de atmosfeer, waardoor het versterkte broeikaseffect nog verder toeneemt.


MONDAYS ARE A DRAG
The Addams Family
A NEW MUSICAL
BUONE FESTE
BEST MUSICAL
LA CAGE AUX FOLLES
DOUGLAS HODGE
JERSEY BOYS
Tonight belongs to…
PHANTOM
WICKED
CÎROC
CELEBRATE LIFE RESPONSIBLY.
THE NEW YEAR
PALACE
A NEW MUSICAL
NERVOUS
BREAKDOWN
GIFTS
sbarro



5 Licht

Beelden maken

De wereld om je heen is vol beelden. Of je nu een video bekijkt, een tijdschrift doorbladert of gewoon door een winkelstraat loopt, overal komen er beelden op je af die je aandacht trekken.

1 Licht, schaduw en spiegels



▲ afbeelding 1
Een spotlight maakt van een kruk een indirecte lichtbron.

Politieagenten gebruiken een spiegel om onder een auto te kijken. Met een spiegel kun je 'om een hoekje' kijken.

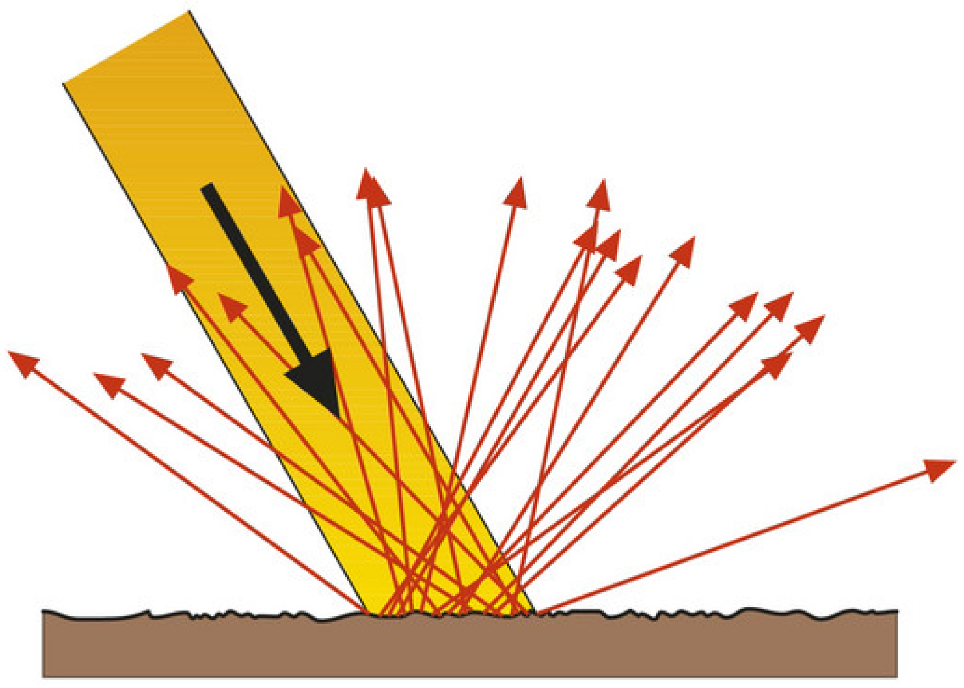
Lichtbronnen

Als je naar een lamp kijkt, valt er licht van de lamp in je ogen. Daardoor kun je de lamp zien. Omdat een lamp zelf licht geeft, noem je een lamp een **directe lichtbron**. Andere directe lichtbronnen zijn bijvoorbeeld de zon en een brandende kaars.

De meeste voorwerpen geven zelf geen licht. Een kruk zie je bijvoorbeeld pas als er van buitenaf licht op valt (afbeelding 1). Doordat de kruk een deel van het licht weerkaatst naar je ogen, kun je hem zien. Zelf geeft hij geen licht. Daarom noem je de kruk een **indirecte lichtbron**.

Door **lichtstralen** te tekenen, kun je laten zien hoe het licht bij een lichtbron vandaan beweegt. De pijlen geven de richting aan die het licht volgt. Lichtstralen zijn recht, want licht beweegt langs rechte lijnen. Een **lichtbundel** bestaat uit meerdere lichtstralen. Je tekent alleen de twee buitenste stralen.

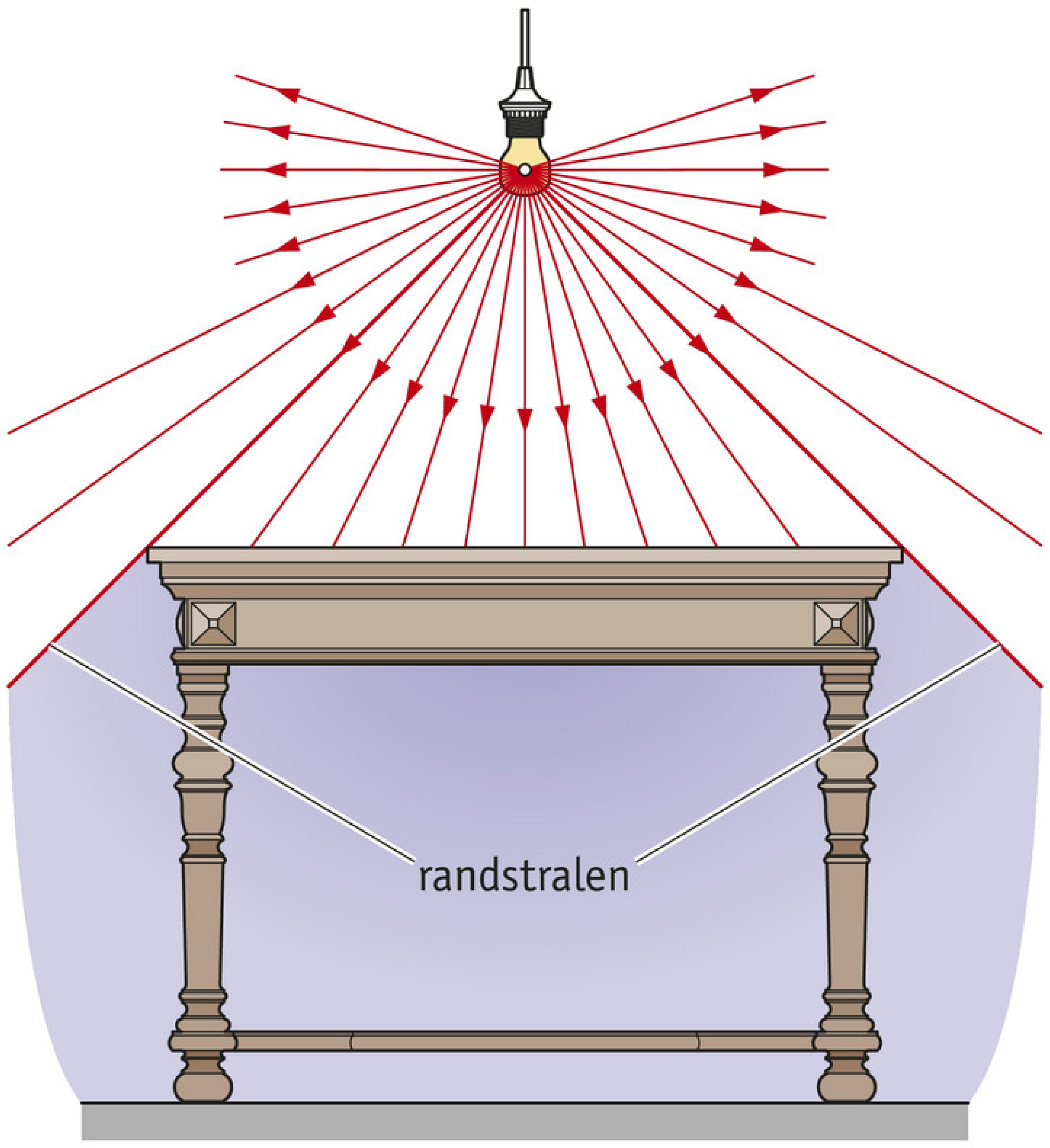
Een voorwerp weerkaatst niet al het licht dat erop valt. Het licht wordt gedeeltelijk **geabsorbeerd** en gedeeltelijk **diffuus teruggekaatst** (afbeelding 2). Dat wil zeggen dat de lichtbundel die op het voorwerp valt, in alle richtingen wordt weerkaatst.



▲ afbeelding 2
diffuse terugkaatsing

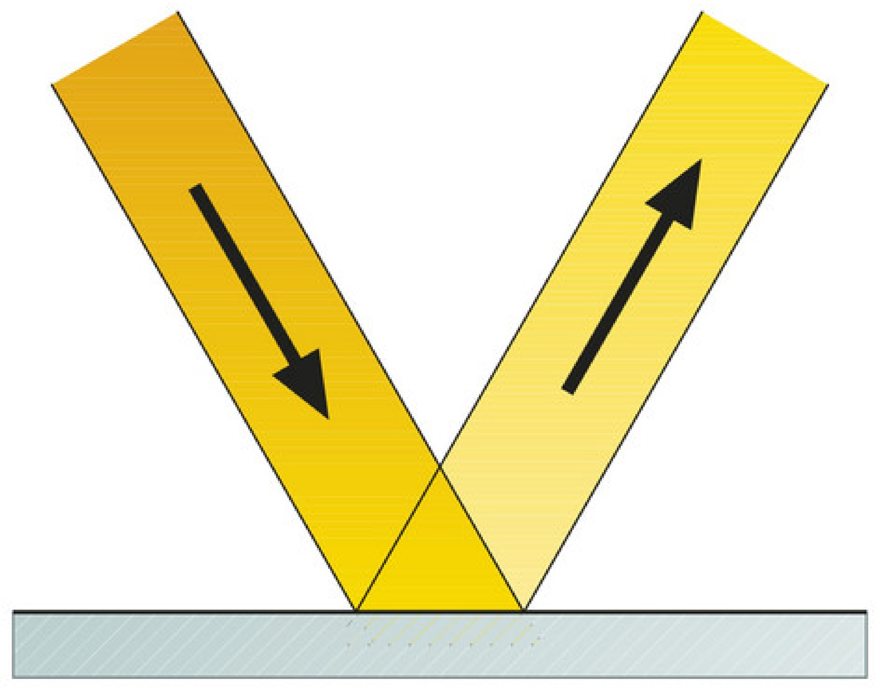
Schaduw

In afbeelding 3 is getekend hoe **schaduw** ontstaat. Het licht van een lamp wordt door de tafel geabsorbeerd en weerkaatst. Onder de tafel is een gebied waar het licht niet kan komen. Dat gebied noem je de schaduw van de tafel.



▶ afbeelding 3
Zo ontstaat schaduw.

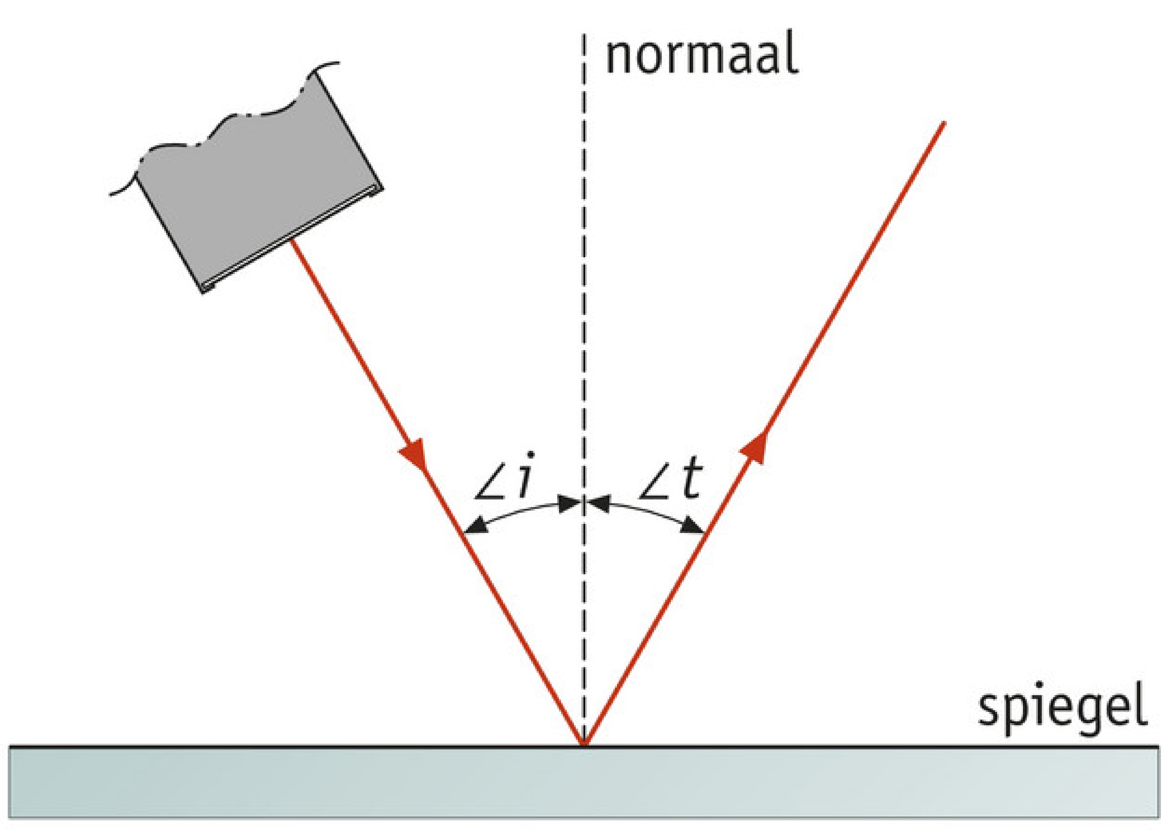
Je kunt er als volgt achterkomen hoe de schaduw van een voorwerp eruitziet:
- Teken de **randstralen** (de lichtstralen die net niet door het voorwerp worden tegengehouden).
- Arceer het gebied tussen deze randstralen. Dit is de schaduw van het voorwerp.



▲ afbeelding 4
spiegelende terugkaatsing

Spiegels

Een spiegel bestaat uit een glasplaat waarop een dun laagje metaal is aangebracht. Het metaal weerkaatst ongeveer 80% van het opvallende licht. Omdat het metaal erg glad is, wordt het licht niet diffuus weerkaatst, maar spiegelend. Dit noem je **spiegelende terugkaatsing**: een lichtbundel die uit één richting komt, wordt ook in één richting teruggekaatst (afbeelding 4).



▲ afbeelding 5
hoek van inval = hoek van terugkaatsing

In afbeelding 5 zie je hoe een spiegel een lichtstraal weerkaatst. Op de plaats waar de lichtstraal de spiegel raakt, is de **normaal** getekend. Dat is een lijn die loodrecht op de spiegel staat. Verder zijn de **hoek van inval** ($\angle i$) en de **hoek van terugkaatsing** ($\angle t$) aangegeven.

Bij terugkaatsing door een spiegel geldt:

hoek van inval = hoek van terugkaatsing

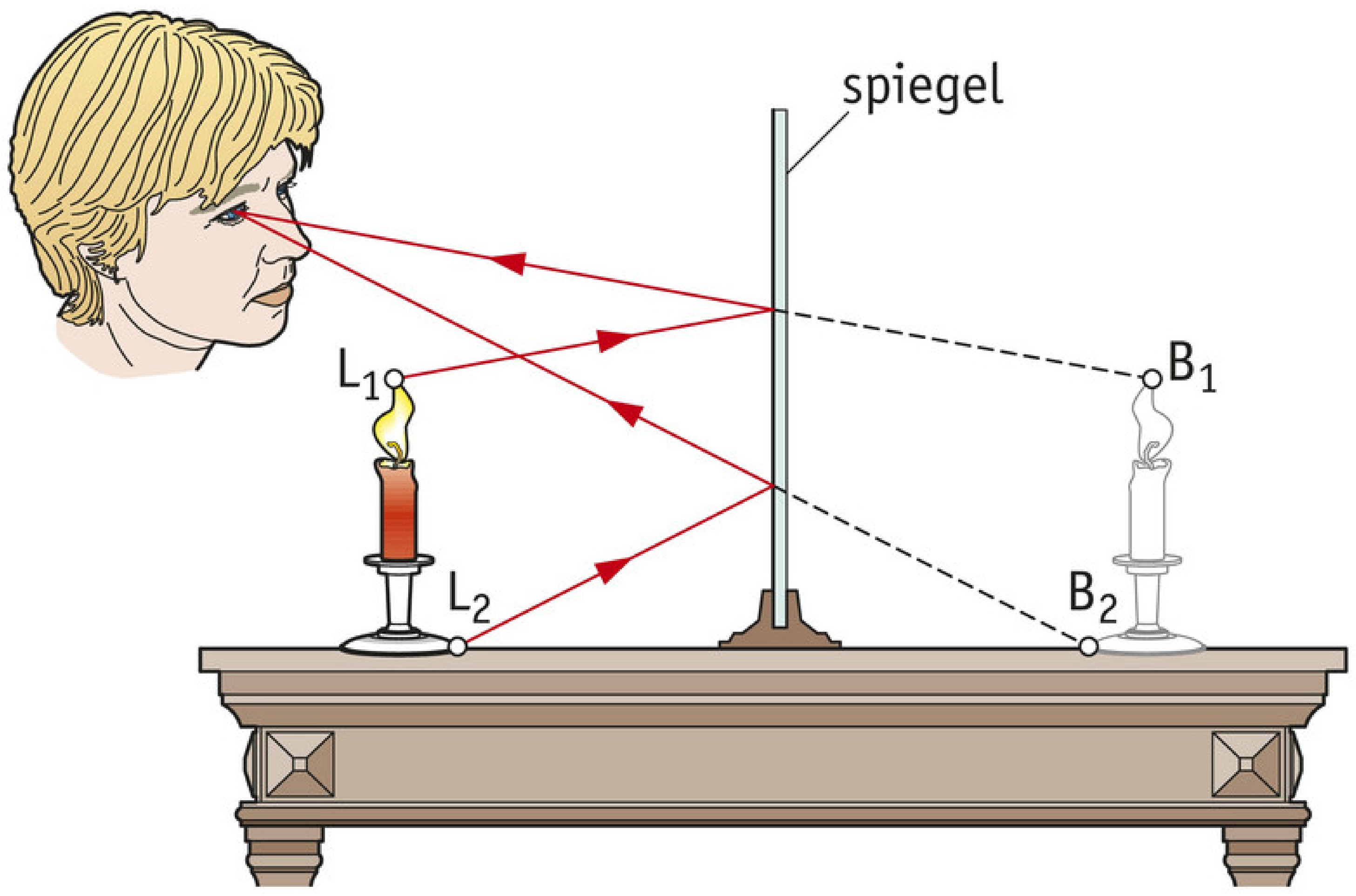
In symbolen schrijf je dat als volgt:

$\angle i = \angle t$

Deze regel wordt de spiegelwet genoemd.

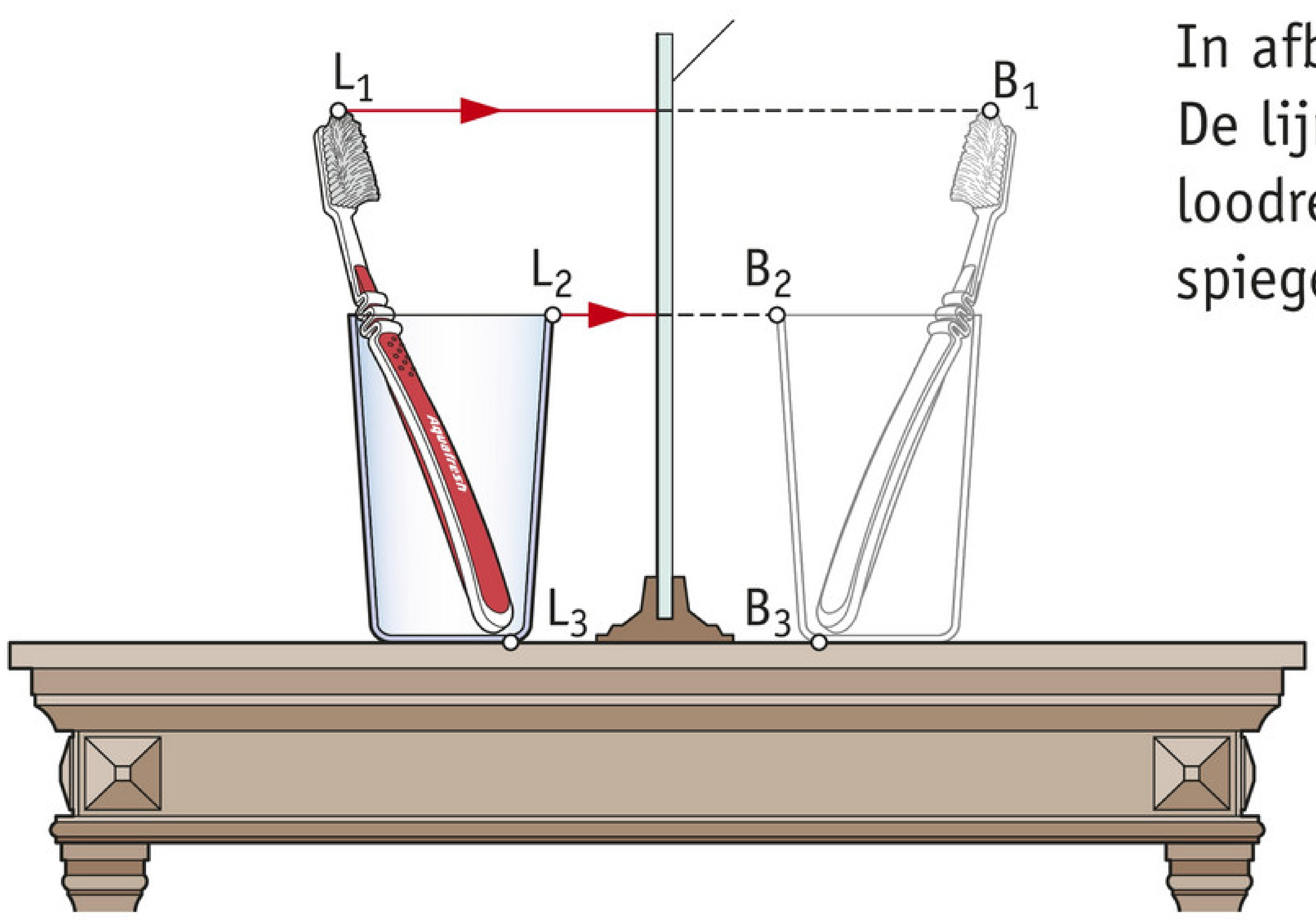
Spiegelbeelden zien

Achter een spiegel lijkt zich een beeld te bevinden van je eigen wereld. In afbeelding 6 is getekend hoe een **spiegelbeeld** ontstaat. Vanuit elk punt L van het voorwerp valt er licht op de spiegel. De spiegel kaatst dit licht terug naar je ogen. Daardoor lijkt het licht uit een punt B achter de spiegel te komen. B is een van de punten van het spiegelbeeld.



▶ afbeelding 6
een virtueel beeld van een kaars

Een spiegelbeeld is een **virtueel beeld**. Daarmee wordt bedoeld dat het beeld niet echt is: het lijkt wel alsof er achter de spiegel iets is, maar er is niets (afbeelding 6). Je kunt een virtueel beeld niet zichtbaar maken op een scherm. Je ziet het alleen als je in de spiegel kijkt.



▲ **afbeelding 7**
een echte en een virtuele tandenborstel

In afbeelding 7 zie je hoe je de plaats van het spiegelbeeld bepaalt. De lijn die een punt met zijn spiegelbeeld verbindt, teken je loodrecht op de spiegel. Het spiegelbeeld ligt even ver achter de spiegel als het voorwerp ervoor.

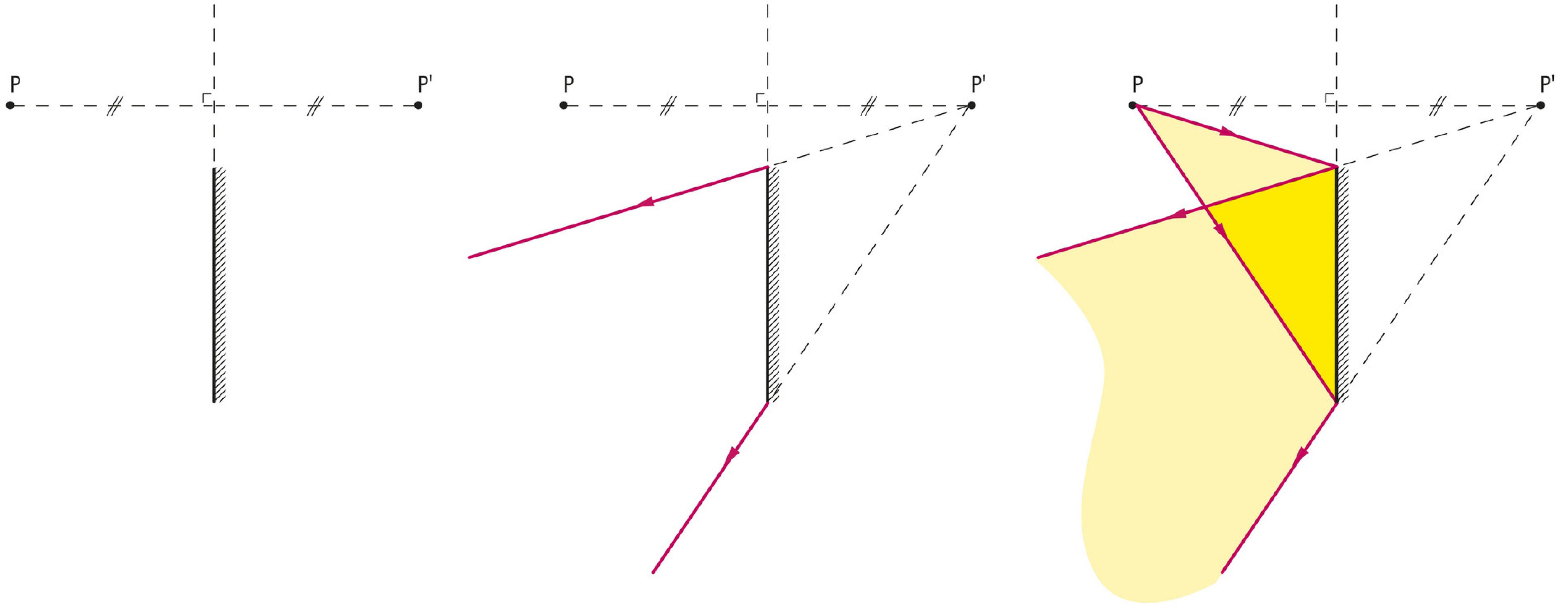
Een teruggekaatste lichtbundel tekenen

Met behulp van de spiegelwet ($\angle i = \angle t$) kun je tekenen hoe een lichtstraal door een vlakke spiegel wordt teruggekaatst. Voor de terugkaatsing van een lichtbundel teken je dan de twee buitenste lichtstralen. Je kunt de teruggekaatste bundel ook tekenen met behulp van het spiegelbeeld van de lichtbron (afbeelding 8):

- Teken P' (het spiegelbeeld van de lichtbron P).
- Teken twee lichtstralen vanuit P naar de randen van de spiegel.
- Teken de teruggekaatste lichtstralen alsof ze uit P' komen.

Je kunt nu de bundel afmaken door het gebied tussen de invallende en de teruggekaatste lichtstralen in te kleuren.

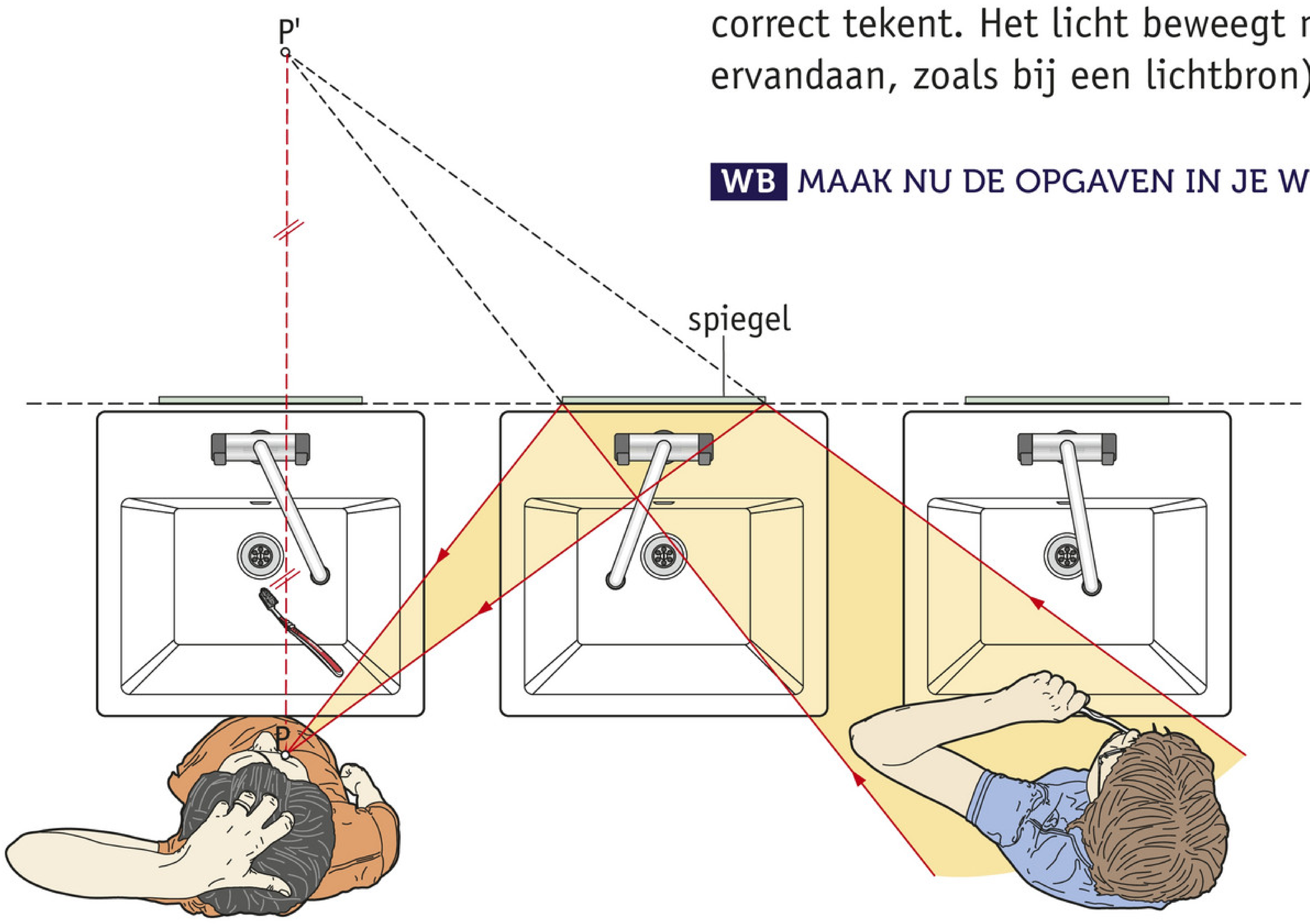
▼ **afbeelding 8**
Zo teken je de teruggekaatste bundel.



1 het beeldpunt P' tekenen
2 de randstralen tekenen
3 de lichtbundel afmaken en inkleuren

Op een soortgelijke manier kun je het **gezichtsveld** van een spiegel bepalen. Het gezichtsveld is het gebied dat je via de spiegel kunt overzien. Je spiegelt dan niet de lichtbron, maar de waarnemer in de spiegel (afbeelding 9). Let er wel op dat je de richting van het licht correct tekent. Het licht beweegt naar de waarnemer toe (en niet ervandaan, zoals bij een lichtbron).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



◀ **afbeelding 9**
kijken via een spiegel

Plus De dode hoek

Automobilisten gebruiken spiegels om de weg achter en naast de auto in de gaten te houden. Maar ook met die spiegels kunnen ze niet de hele weg overzien. Het deel van de weg dat ze niet kunnen zien, wordt de **dode hoek** genoemd. Iemand die zich in de dode hoek bevindt, valt buiten het gezichtsveld van de autospiegel. De bestuurder kan hem of haar niet zien.

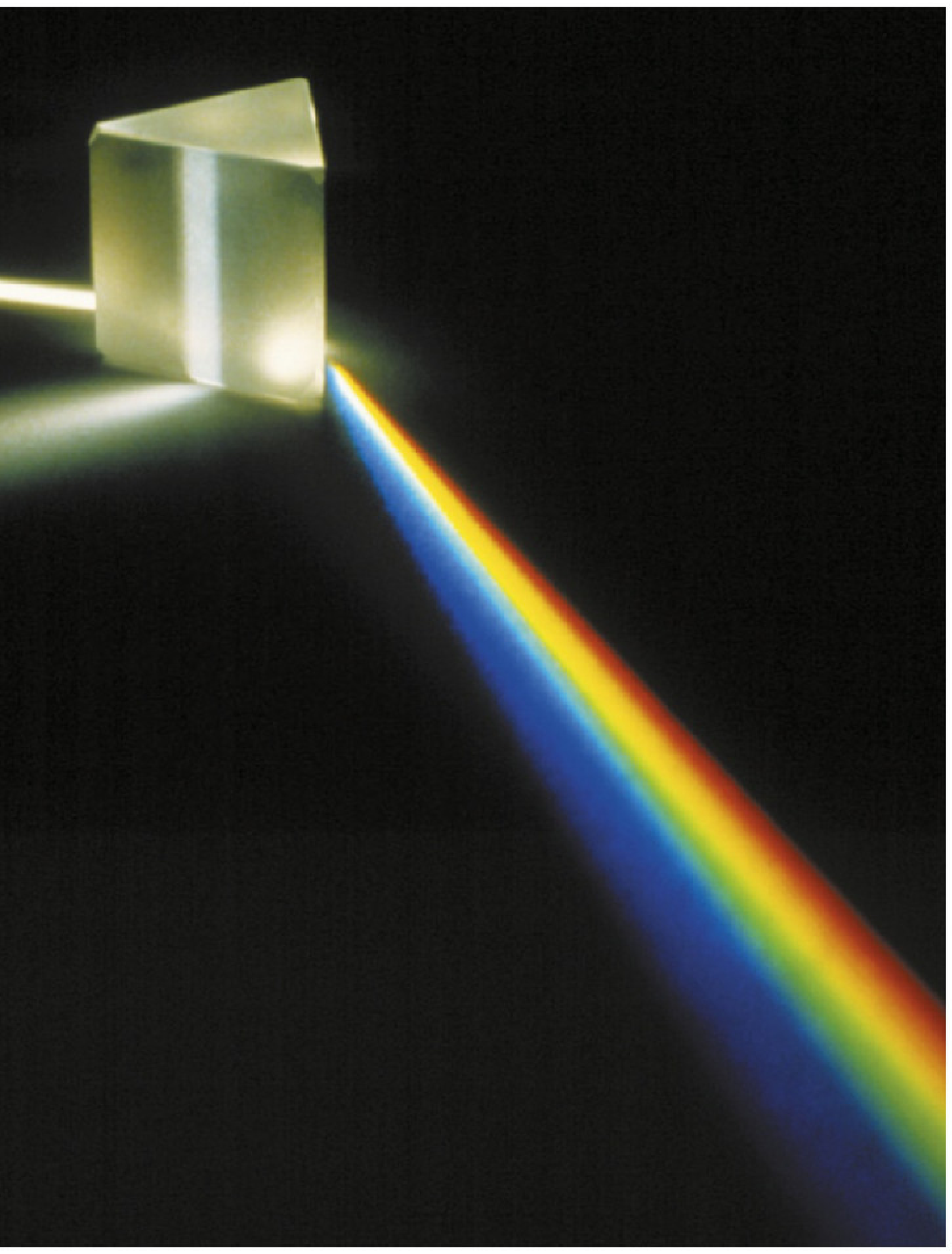
▼ **afbeelding 10**
een voorlichtingscampagne om te waarschuwen voor de dode hoek



Vrachtwagens hebben een grotere dode hoek dan personenauto's. Dat komt doordat de cabine van de vrachtwagen hoog ligt en de vrachtwagen zelf zo groot is. Een vrachtwagenchauffeur kan daardoor gemakkelijk een fietser of een voetganger over het hoofd zien. Een tip: als jij de chauffeur niet kunt zien in de spiegel, dan ziet de chauffeur jou ook niet. Je zit dan in zijn of haar dode hoek (afbeelding 10).

Sinds 2003 moet elke vrachtauto een speciale spiegel hebben. Die extra spiegel moet zo zijn afgesteld dat de dode hoek veel kleiner wordt. Er zijn ook vrachtwagens met een camerasysteem. De chauffeur kan dan op een monitor in de cabine zien of er mensen naast de vracht-wagen lopen of fietsen.

2 Van infrarood tot ultraviolet



▲ **afbeelding 11**
Zo maak je een spectrum.

Pim doet mee in een toneelstuk op school. Hij draagt een wit shirt met een blauwe tekst. Als het toneel blauw wordt verlicht, lijkt het shirt blauw en is de tekst onzichtbaar. Met gekleurd licht kun je bijzondere effecten bereiken.

Het spectrum

Als je naar een regenboog kijkt, zie je een reeks kleuren. Het licht van de zon wordt gesplitst in rood, oranje, geel, groen, blauw en violet (een soort paars). Die reeks kleuren noem je het **spectrum**. De kleuren zelf heten **spectraalkleuren**. Spectraalkleuren zijn zuivere kleuren: je kunt ze niet verder splitsen.

In afbeelding 11 zie je hoe je zelf een spectrum kunt maken. Dat doe je met een **prisma**: een driehoekig stuk glas. Het prisma splitst een bundel wit licht in de kleuren van de regenboog, van rood tot violet.

Het omgekeerde kan ook. Als je de verschillende spectraalkleuren weer samenvoegt, krijg je wit licht. Wit licht is dus niet een aparte kleur, maar een mengsel van verschillende spectraalkleuren.

Kleur zien

Als je het shirt in afbeelding 12 bekijkt bij daglicht, zie je het shirt als rood. Dat komt doordat het shirt vooral rood licht weerkaatst. Andere kleuren worden door het shirt geabsorbeerd. Als het weerkaatste rode licht in je ogen valt, zie jij een rode kleur.



▶ **afbeelding 12**
een rood shirt in wit, rood, geel en blauw licht

In werkelijkheid weerkaatst het rode shirt niet alleen rood, maar ook een beetje oranje en geel. Dat zie je als je met een **spectroscoop** naar het shirt kijkt. Met de spectroscoop zie je alle kleuren van het licht.
Het rood dat je ziet, is een **mengkleur**. Je ogen kunnen het verschil niet zien tussen de mengkleur rood en de spectraalkleur rood (zuiver rood licht).



▲ **afbeelding 13**
Een mannetjes- en een vrouwtjeskoolwitje: zie jij het verschil?

Als je rood licht op het shirt laat vallen, ziet het shirt er nog steeds rood uit. Dat verandert als je zuiver blauw licht op het shirt laat vallen. Het blauwe licht wordt door het shirt geabsorbeerd. Het shirt zal dan nog maar weinig licht weerkaatsen. Omdat er bijna geen licht van het shirt afkomt, ziet het er zwart of donkergrijs uit.

Ultraviolet

De zon zendt behalve licht ook **ultraviolette straling** (uv-straling) uit. In het spectrum van zonlicht vind je ultraviolette straling naast het violet. De naam 'ultraviolet' betekent letterlijk 'voorbij het violet'. Mensen kunnen deze straling niet zien, maar er zijn dieren die dat wel kunnen.

Koolwitjes zijn vlinders die uv-straling kunnen waarnemen. Voor mensenogen zien een mannelijk koolwitje en een vrouwelijk koolwitje er even wit uit (afbeelding 13). Maar de koolwitjes zelf zien wel verschil: de vrouwtjesvlinders weerkaatsen uv-straling, terwijl de mannetjesvlinders uv-straling juist absorberen. Zo zien de vlinders of ze met een vrouwtje of een mannetje te maken hebben.

Er bestaan speciale uv-lampen. Deze lampen geven een beetje blauw licht, maar zenden vooral veel uv-straling uit. Uv-lampen worden gebruikt in zonnebanken, in blacklights en in vliegenvangers.





Uv-straling kan sommige stoffen sterk laten oplichten. Het oplichten van dergelijke stoffen noem je **fluoresceren**. De stof absorbeert uv-straling en geeft daarvoor in de plaats zichtbaar licht af. Fluorescerende stoffen worden onder andere toegepast in tl-buizen. Op bankbiljetten is op verschillende plekken fluorescerende inkt gebruikt. Onder een uv-lamp licht deze inkt duidelijk op. Een vervalsing waarvoor geen fluorescerende inkt gebruikt is, doet dat niet (afbeelding 14).



▶ **afbeelding 14**
Twee bankbiljetten worden gecontroleerd onder een uv-lamp.

Bescherming tegen uv-straling

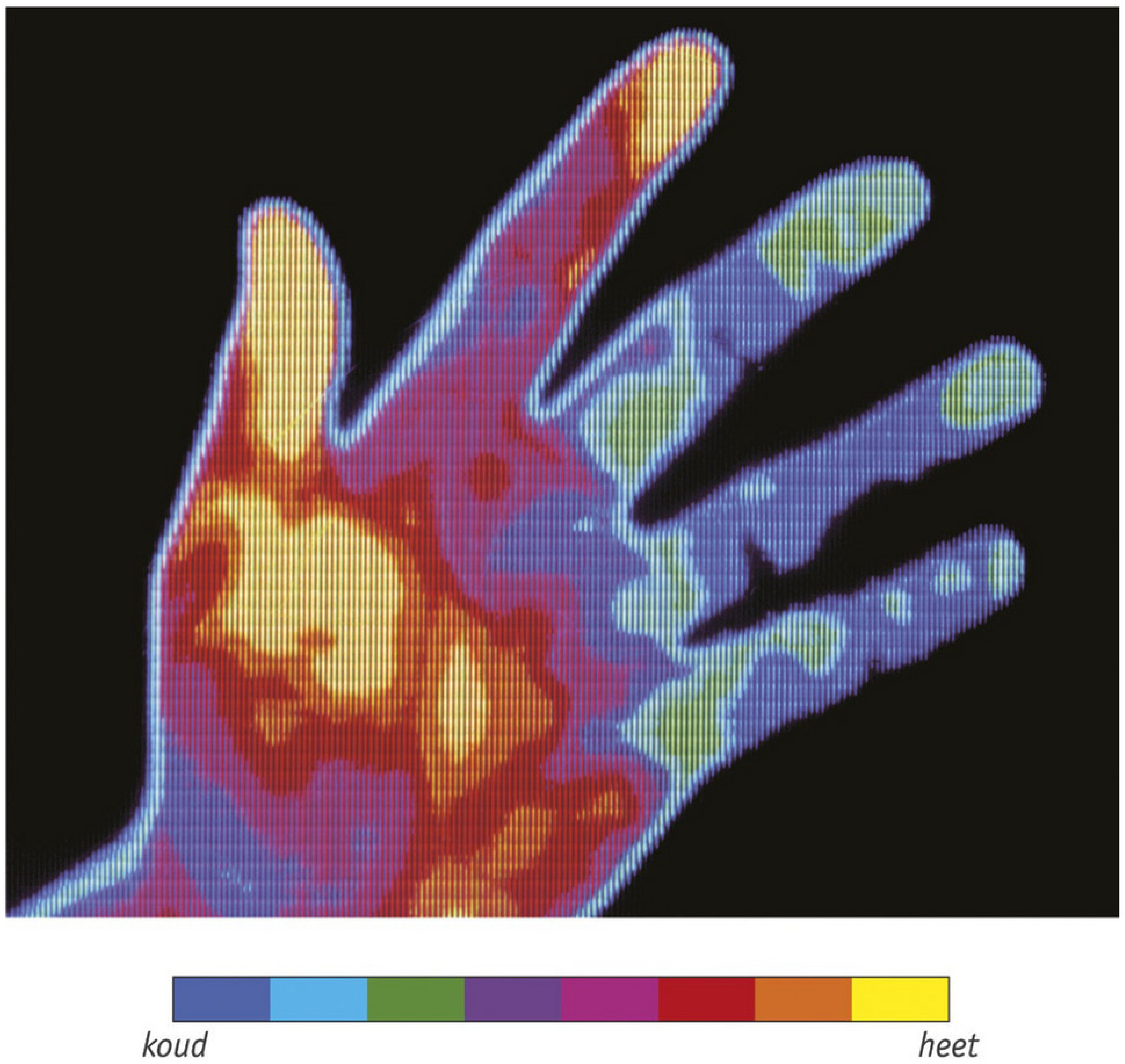
In de zomer laat de uv-straling van de zon je huid verkleuren. Je wordt bruin (als je verstandig zont) of rood (als je een overdosis straling oploopt). Het is verstandig voorzichtig te zijn met zonnen. Zonnebrand is niet alleen vervelend, maar vergroot ook de kans op huidkanker.

Zonnebrandcrème houdt een deel van de uv-straling tegen. Als je zo'n crème gebruikt, verbrand je minder snel. Op de verpakking staat de **beschermingsfactor**. Dat getal geeft aan hoeveel keer je langer in de zon kunt blijven. Met een crème met factor 10 kun je 10× zo lang in de zon blijven. Als je zonder crème 5 minuten kunt zonnen, wordt dat met de crème dus 10 × 5 = 50 minuten.

Infrarood

De zon zendt, behalve licht en uv-straling, nog een derde soort straling uit: **infrarode straling** (ir-straling). In het spectrum van zonlicht vind je infrarode straling naast het rood. De naam 'infrarood' betekent letterlijk 'voor het rood'.

De voorwerpen om je heen zenden ook ir-straling uit. Hoe hoger de temperatuur van een voorwerp is, hoe meer ir-straling het voorwerp uitzendt. Deze ir-straling wordt ook wel warmtestraling genoemd. Je kunt de straling fotograferen met een speciale infraroodcamera. De foto die dan ontstaat, noem je een warmtebeeld of **thermogram** (afbeelding 15).



▶ **afbeelding 15**
Een thermogram van de hand van een roker: wat valt je op?

Infraroodsensoren zijn gevoelig voor ir-straling. Deze sensoren worden gebruikt in inbraakalarmsystemen en in automatische buitenlampen. Als je in de buurt van een ir-sensor komt, reageert de sensor op de ir-straling die jij uitzendt. Dan gaat het alarm af of de lamp aan.

Een andere toepassing van ir-straling is de afstandsbediening van een televisie. Een ir-led in de afstandsbediening zendt een knipperend signaal uit als je op een knopje drukt. Dit signaal wordt opgevangen door een ir-sensor in de televisie.

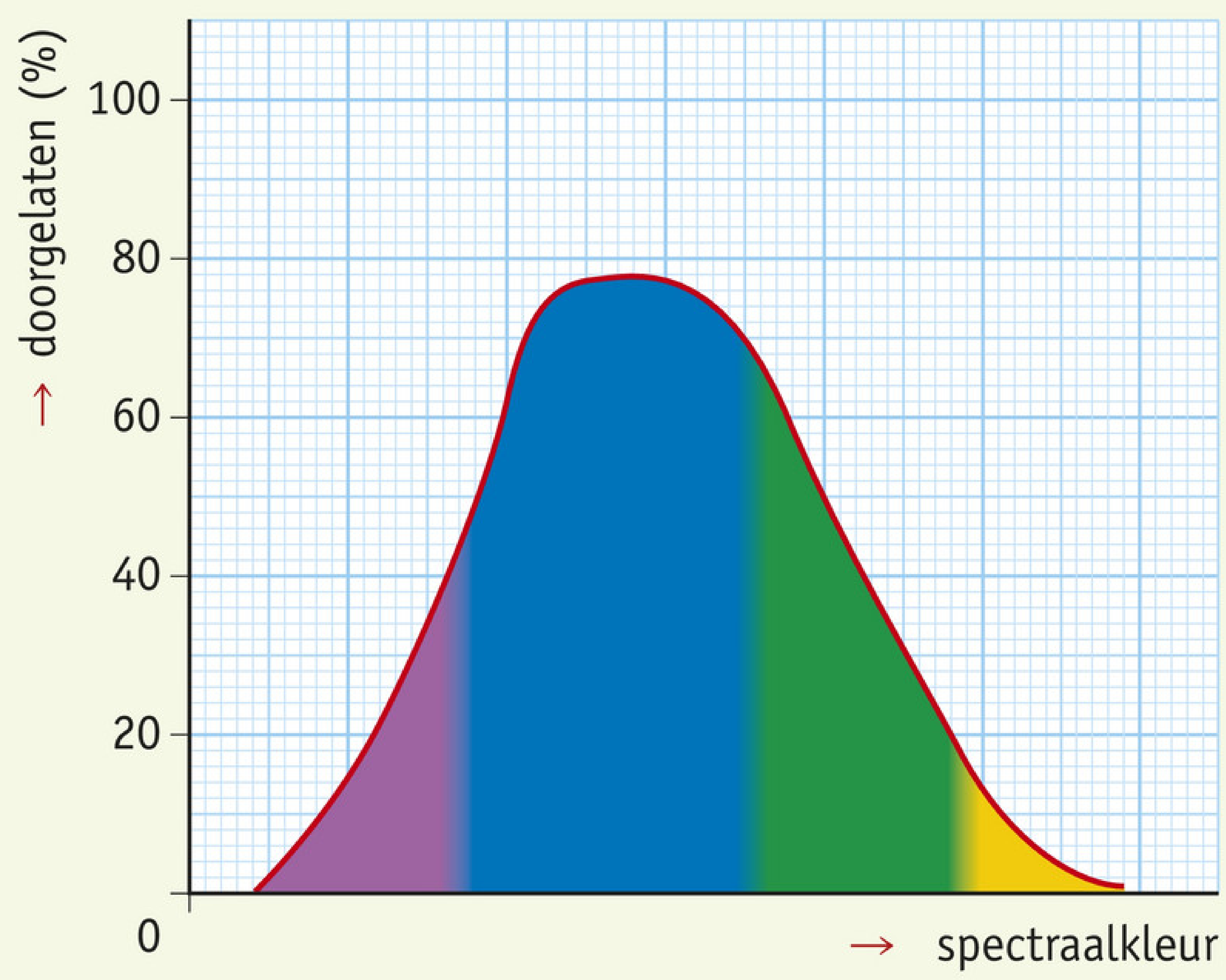
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Kleurfilters

In theaters wordt veel gebruikgemaakt van gekleurd licht. De toneellampen die daarvoor worden gebruikt, geven gewoon 'wit' licht. Om het licht een bepaalde kleur te geven, wordt een **kleurfilter** gebruikt. Dit is een vel dun plastic dat voor de lamp wordt aangebracht. Dit filter laat sommige spectraalkleuren beter door dan andere. Het doorgelaten licht valt op het toneel en kleurt de mensen en dingen die daar staan.

In afbeelding 16 zie je een voorbeeld van een blauw kleurenfilter.
In de bijbehorende grafiek zie je hoe goed het filter de verschillende spectraalkleuren doorlaat. De hoeveelheid doorgelaten licht varieert van 0 tot 80%, afhankelijk van de kleur.

Je ziet dat het blauwe filter niet alleen blauw doorlaat, maar ook violet, groen en geel. De kleur die je ziet, is een mengsel van deze spectraalkleuren. Dat is niets bijzonders; bijna alle kleuren in de wereld om je heen zijn mengkleuren.



▶ **afbeelding 16**
een blauw filter en de bijbehorende doorlaatgrafiek

3 Beelden maken met een lens

Met lenzen kun je beelden maken. Maar pas op! Sommige lenzen kunnen brandwonden veroorzaken.

Lenzen

Lenzen zijn schijfjes van glas of kunststof. Je vindt ze in allerlei apparaten: fototoestellen, filmcamera's, verrekijkers, beamers, en ook in smartphones en tablets met een camera. Een lens is ontworpen om licht op een bepaalde manier van richting te doen veranderen. Je noemt dat: het licht **breken**.

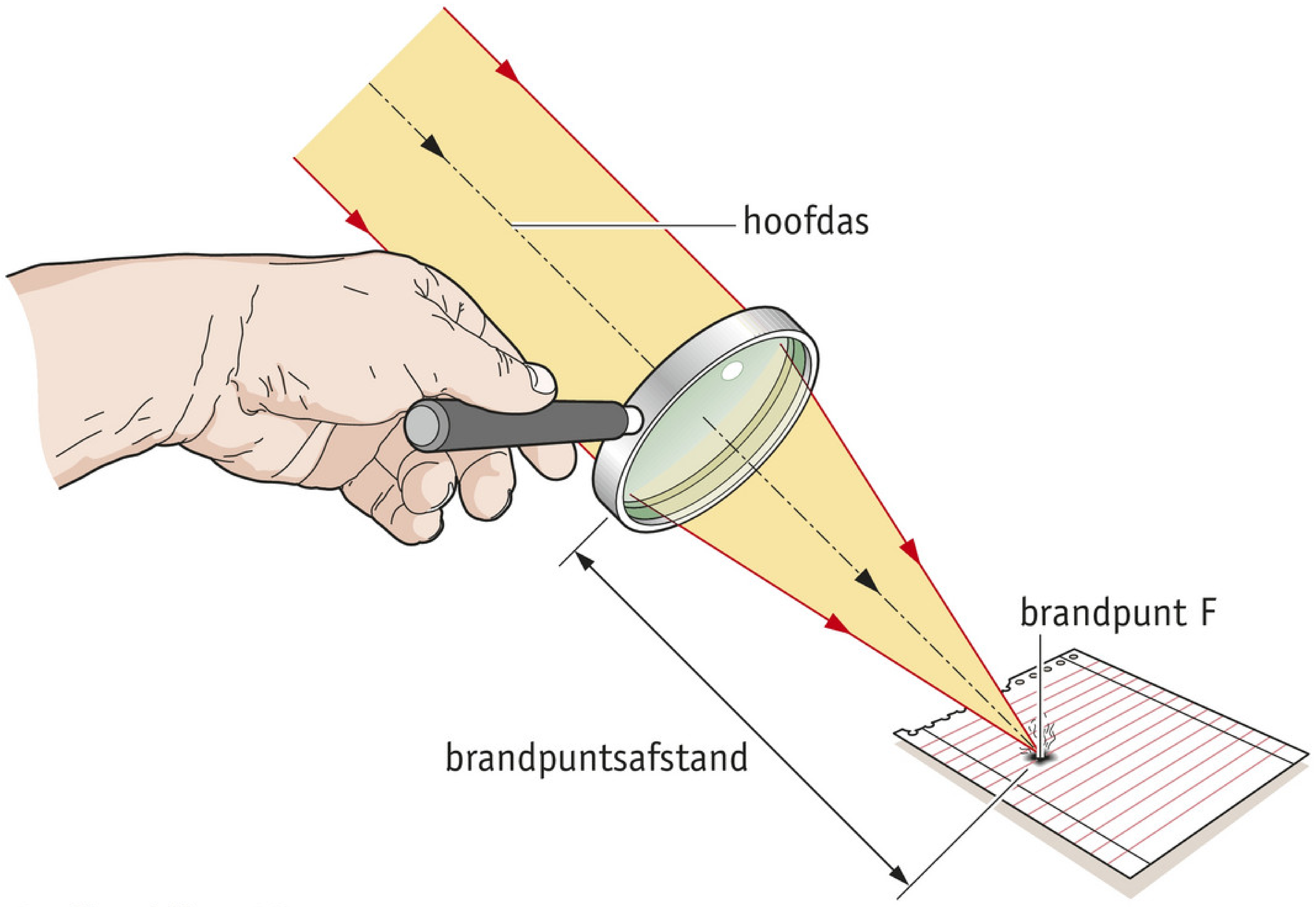
Er zijn **positieve lenzen** en **negatieve lenzen**. Positieve lenzen zijn in het midden dikker dan aan de rand. Ze worden daarom ook wel bolle lenzen genoemd. Negatieve lenzen zijn in het midden dunner dan aan de rand. Daarom worden ze ook wel holle lenzen genoemd (afbeelding 17).



▲ **afbeelding 17**
een positieve lens (boven) en een negatieve lens (onder)

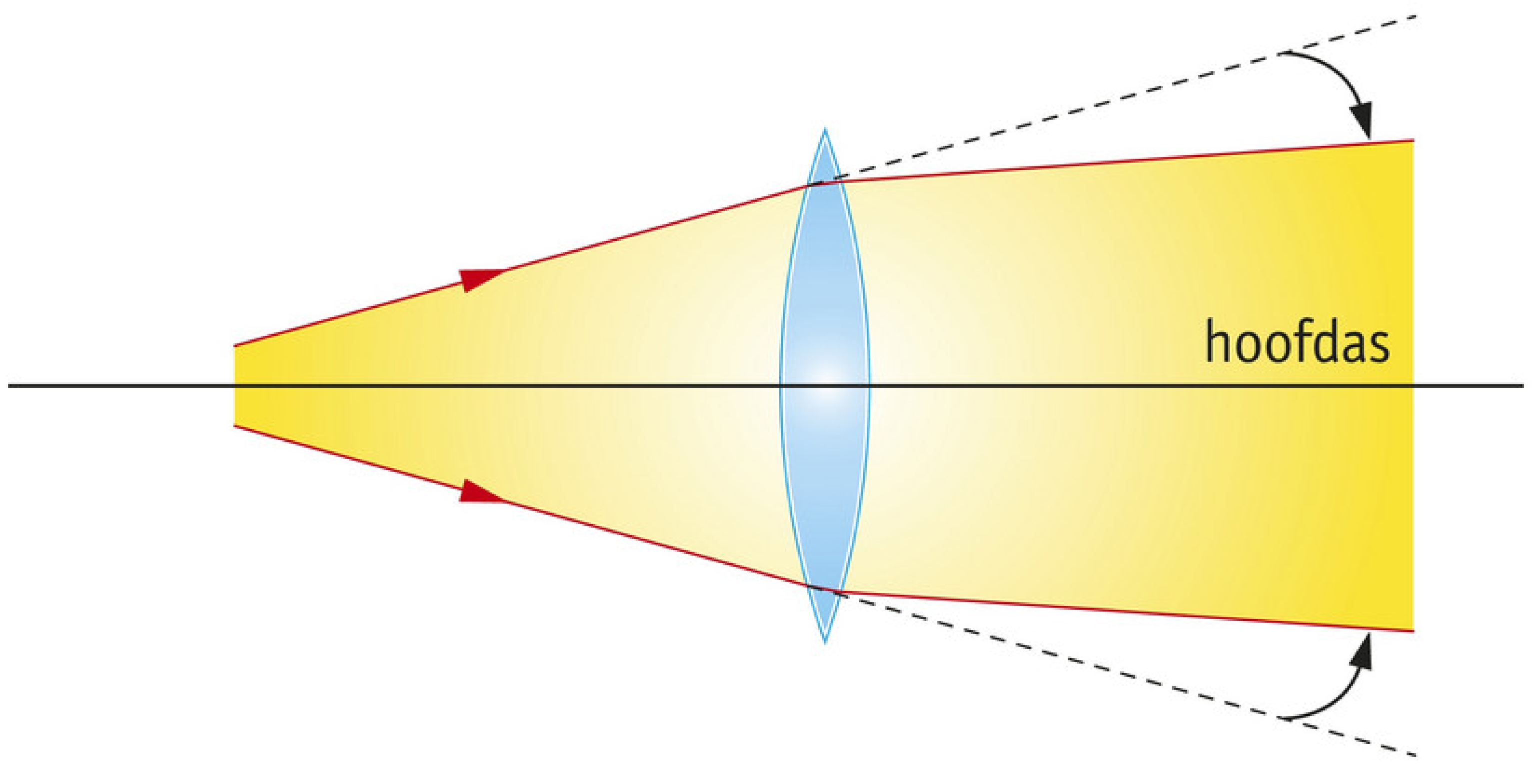
Lichtbreking bij positieve lenzen Proef 1 en 2

Met een positieve lens kun je een evenwijdige bundel zonlicht naar één punt laten bewegen. Je gebruikt zo'n lens dan als **brandglas**. In afbeelding 18 zie je hoe dat gaat. Voordat de lichtstralen op de lens vallen, lopen ze evenwijdig aan de hoofdas. De **hoofdas** is een lijn door het midden van de lens, loodrecht op de lens. Na de lens bewegen de lichtstralen naar elkaar toe. Dit noem je een **convergente lichtbundel**.



▲ **afbeelding 18**
Zo breekt een positieve lens evenwijdig licht.

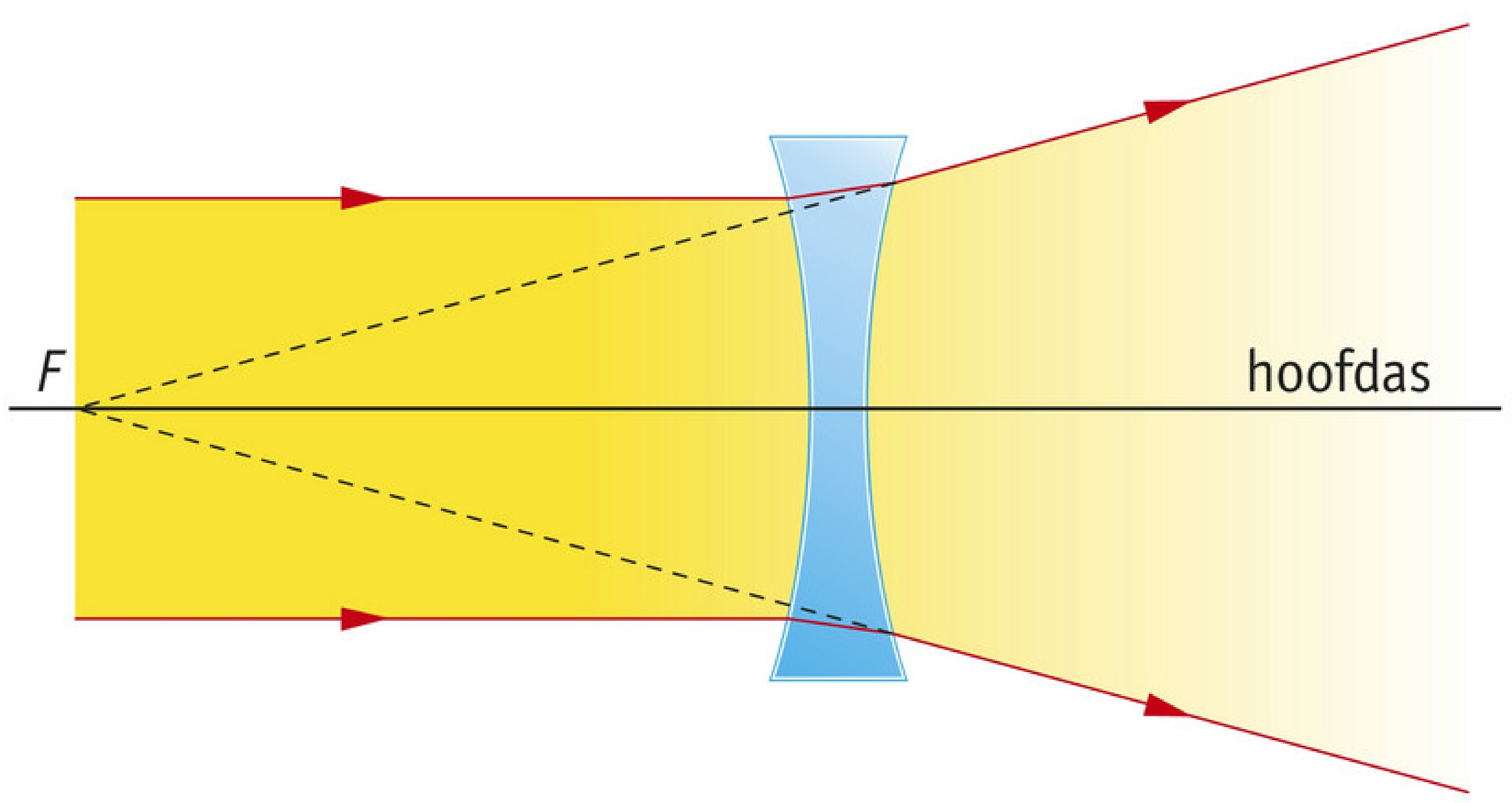
Het punt waar de lichtstralen bij elkaar komen, heet het **brandpunt**.
Als je het zonlicht met een brandglas in één punt op een vel papier laat vallen, wordt dat punt zo heet dat het kan gaan branden. Vandaar de naam brandpunt. In tekeningen zet je bij het brandpunt de letter F (van focus = brandpunt). De afstand tussen het midden van de lens en het brandpunt noem je de **brandpuntsafstand**, afgekort als f.
Een positieve lens heeft een convergerende werking. De lichtstralen die op de lens vallen, worden afgebogen naar binnen (naar de hoofdas toe). Dat zie je goed als je de lichtstralen vóór de lens doortrekt als stippellijnen achter de lens (afbeelding 19). Hoe sterker de lens, hoe sterker de convergerende werking.



▶ **afbeelding 19**
Een positieve lens heeft een convergerende werking.

Lichtbreking bij negatieve lenzen

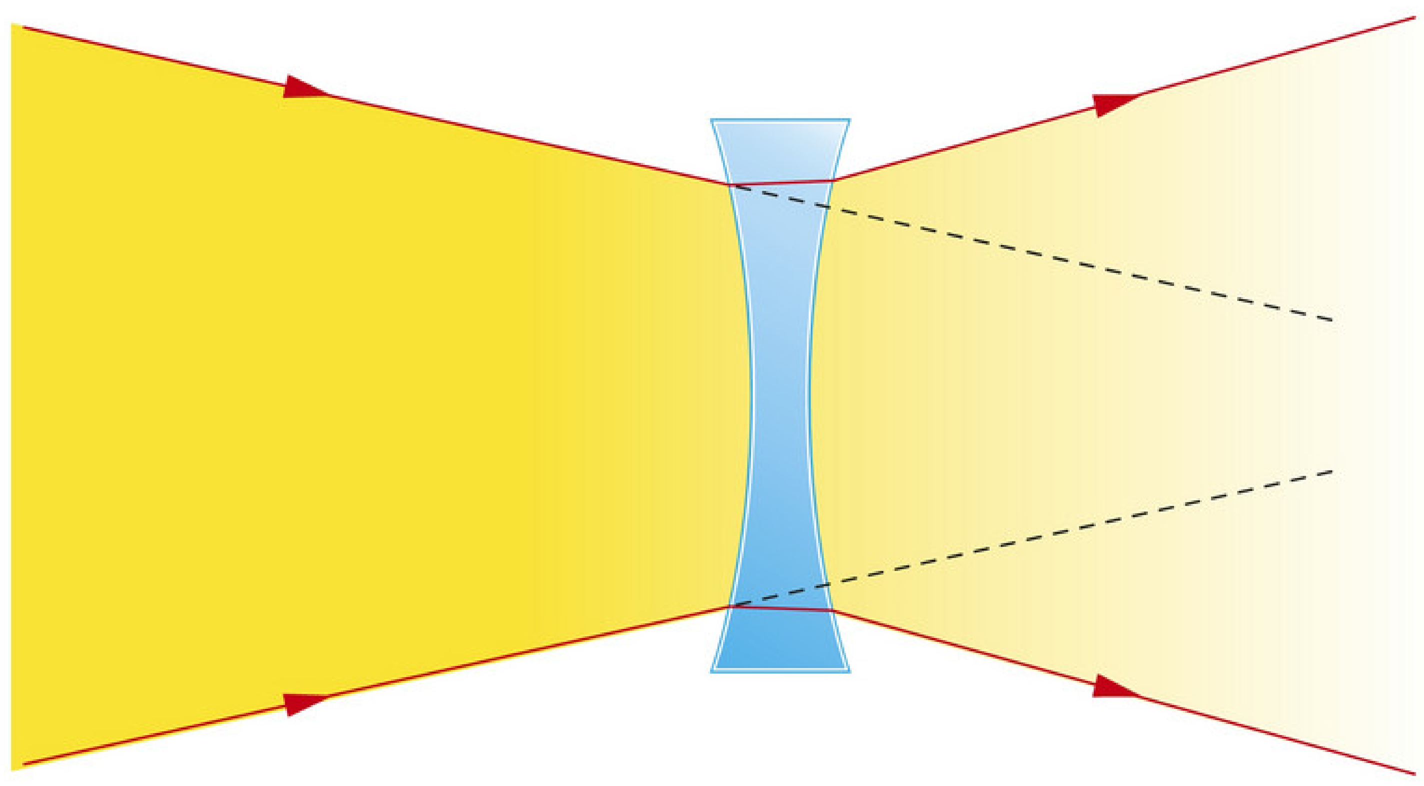
In afbeelding 20 is getekend hoe een negatieve lens een evenwijdige bundel breekt. Achter de lens beweegt het licht uit elkaar. Dit noem je een **divergente lichtbundel**.



▶ **afbeelding 20**
Zo breekt een negatieve lens evenwijdig licht.

Een negatieve lens heeft geen brandpunt waar de stralen bij elkaar komen. Er is wel een punt vóór de lens waar de lichtstralen vandaan lijken te komen. Dit punt wordt ook brandpunt genoemd. De brandpuntsafstand is een negatief getal, om aan te geven dat het een negatieve lens is. Het minteken geeft aan dat het brandpunt vóór de lens ligt (en niet erachter, zoals bij een positieve lens).

Een negatieve lens heeft een divergerende werking. De lichtstralen die op de lens vallen, worden afgebogen naar buiten (bij de hoofdas vandaan). Dat zie je goed als je de lichtstralen vóór de lens doortrekt als stippellijnen (afbeelding 21). Hoe sterker de lens, hoe sterker de divergerende werking.



▶ **afbeelding 21**
Een negatieve lens heeft een divergerende werking.

Een beeld vormen op een scherm

Met een positieve lens kun je een voorwerp afbeelden op een scherm. Bij een beamer is dat voorwerp een klein lcd-scherm dat is aangesloten op een computer. Dit lcd-scherm wordt door de lens sterk vergroot afgebeeld op een scherm aan de muur.

Een fotocamera werkt op dezelfde manier. Een lens in de camera beeldt de wereld voor de lens verkleind af op een schermpje in de camera. Dat schermpje is een lichtgevoelige chip (CCD of CMOS). Een computer in de camera legt het beeld punt voor punt vast in een bestand. Het bestand wordt daarna opgeslagen op een geheugenkaart.

Bij camera's en beamers wordt het beeld gevormd door lichtstralen die op een scherm vallen. Zo'n beeld noem je een **reëel beeld**. Het beeld in een spiegel is een virtueel beeld (het is niet echt). Een virtueel beeld kun je niet zichtbaar maken op een scherm, een reëel beeld wel.

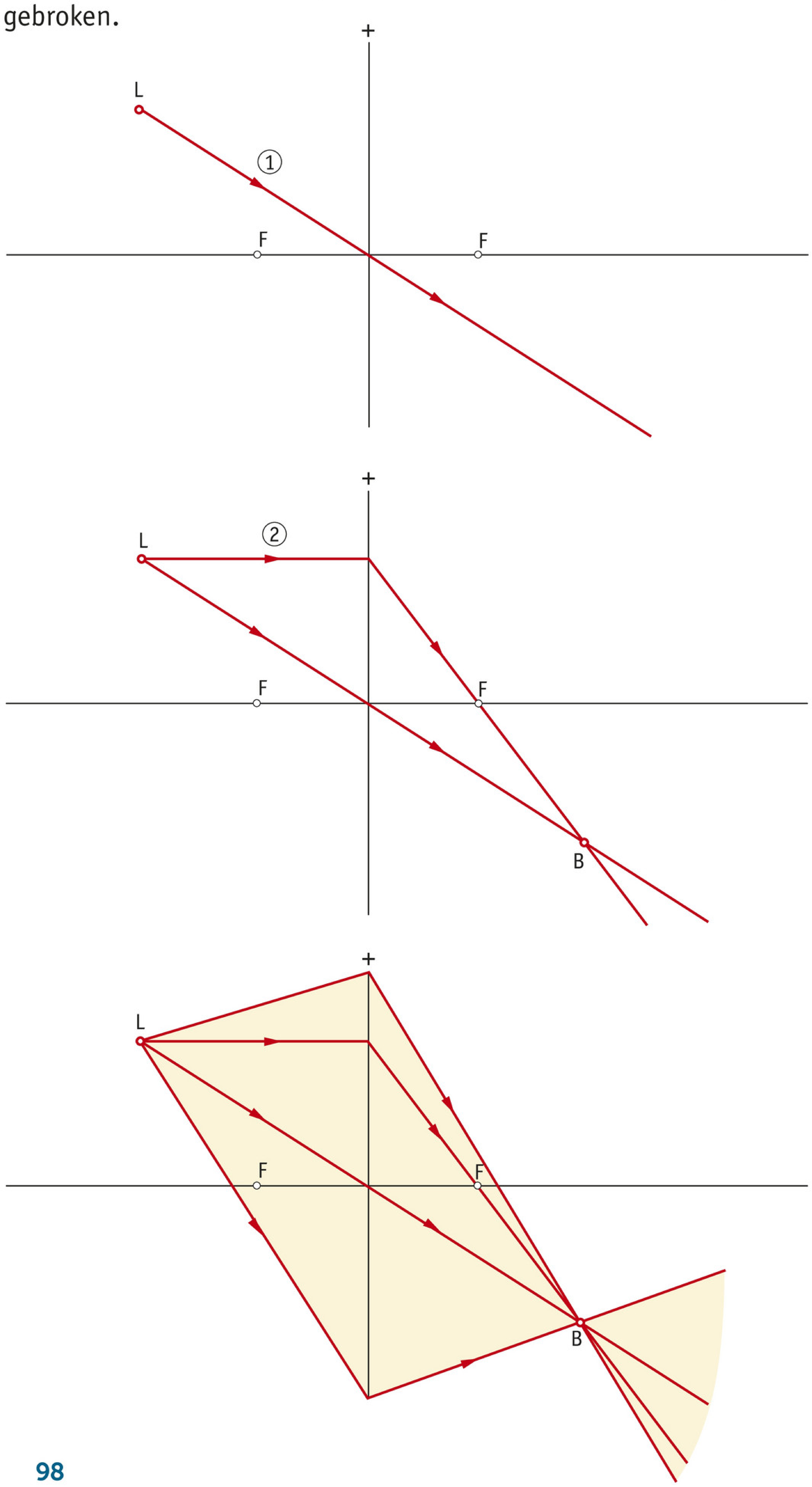
Een reëel beeld construeren Proef 3

Een lampje L zendt licht uit in alle richtingen. De lichtstralen bewegen steeds verder uit elkaar. Met een positieve lens kun je de lichtstralen weer bij elkaar brengen in één punt. Dit punt noem je het **beeldpunt** van L. Als je op de juiste afstand van de lens een scherm neerzet, zie je daarop een scherp beeld van het lampje.

Je kunt het beeldpunt vinden door een tekening te maken. Dat heet 'het beeldpunt **construeren**' (afbeelding 22). Je gebruikt daarbij twee speciale lichtstralen: de **constructiestralen**. Die stralen lopen altijd zo:

- Constructiestraal 1 gaat door het midden van de lens en verandert daarbij niet van richting.
- Constructiestraal 2 loopt vóór de lens evenwijdig aan de hoofdas. Achter de lens gaat deze lichtstraal door het brandpunt F van de lens.

De twee constructiestralen komen samen in het beeldpunt B. Alle lichtstralen die vanuit L op de lens vallen, worden naar dit punt toe gebroken.



▶ **afbeelding 22**
Zo construeer je het beeld van het lampje.

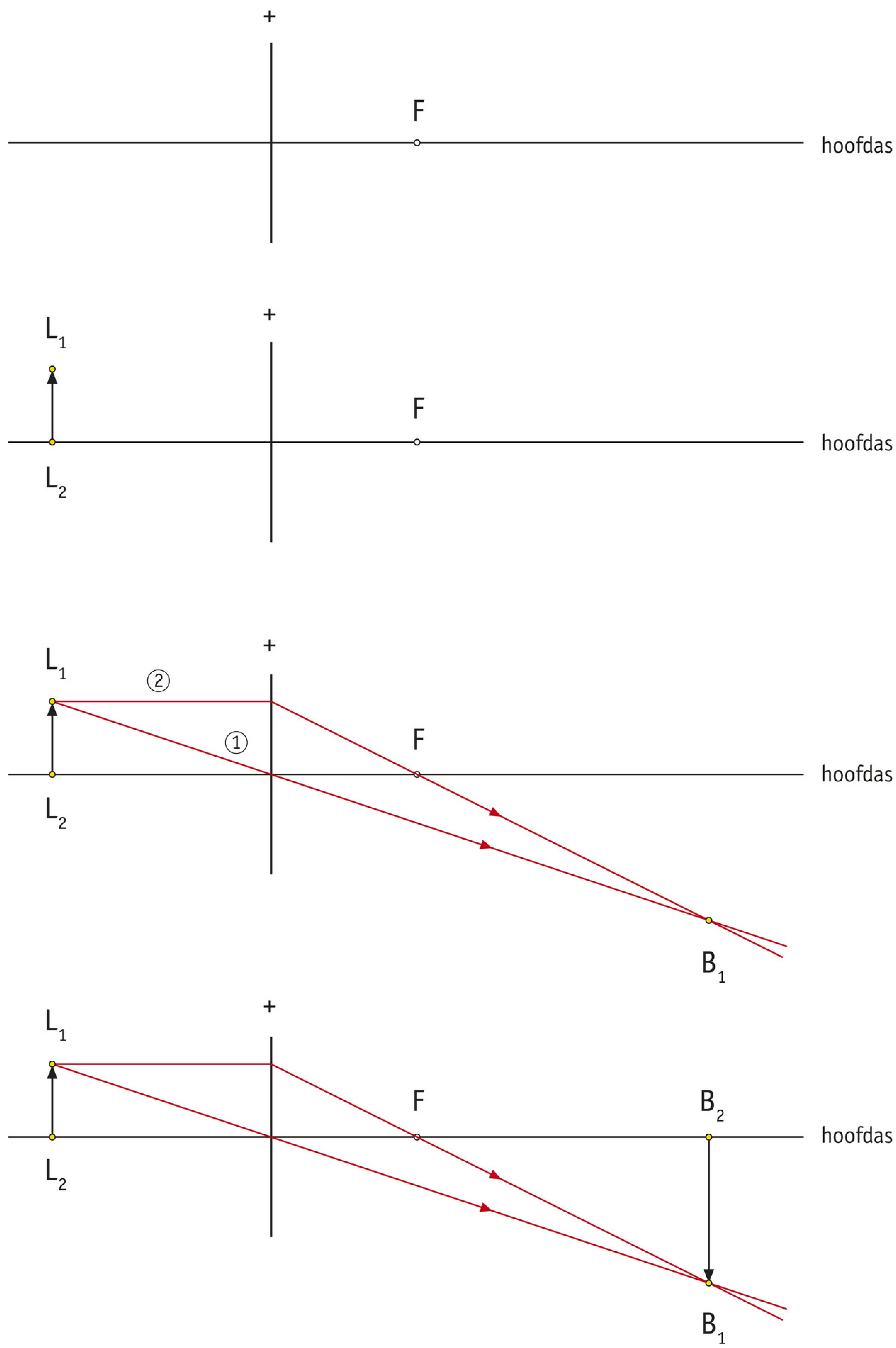
Met behulp van de constructiestralen kun je tekenen hoe een lens een voorwerp afbeeldt. In je tekening zie je waar het beeld ontstaat. Je gaat als volgt te werk:

1 Teken de lens, de hoofdas en het brandpunt op schaal.

2 Teken het voorwerp als een pijl L_1L_2.
L_2 ligt op de hoofdas, L_1 daarboven.

3 Teken de twee constructiestralen vanuit L_1. Teken het beeldpunt B_1 waar de lichtstralen samenkomen.

4 Teken het beeld als een pijl B_1B_2.
B_2 ligt op de hoofdas, B_1 daaronder. Het beeld staat dus (vergeleken met het voorwerp) ondersteboven.



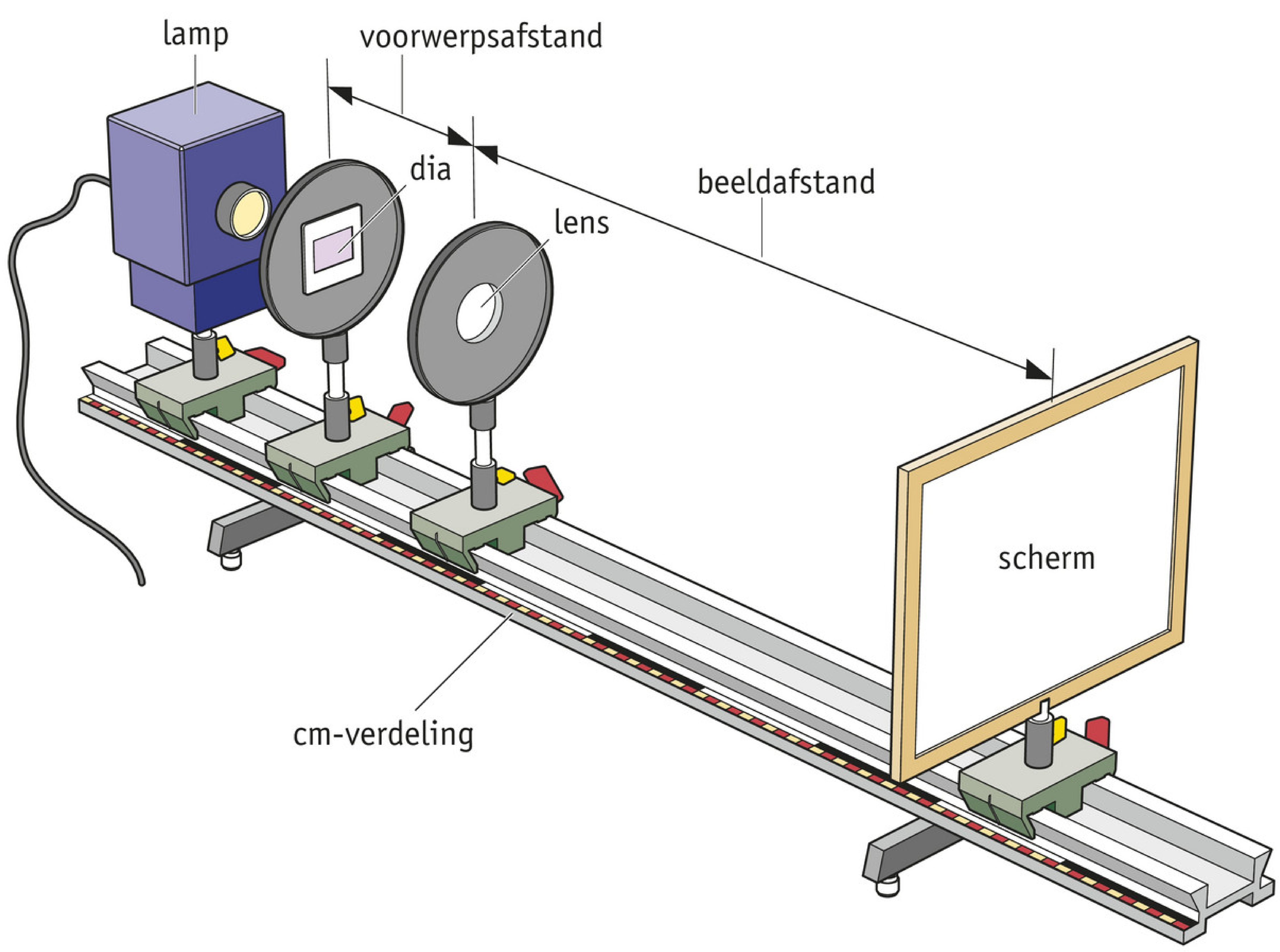
▲ **afbeelding 23**
Zo construeer je het beeld van een voorwerp.

De lens is vaak kleiner dan het voorwerp. Je mag de lens groter tekenen dan hij in werkelijkheid is. Voor de plaats en grootte van het beeld maakt dat niet uit.

Scherpstellen Proef 4

Om met een camera een goede foto te maken, moet er een scherp beeld op de lichtgevoelige chip vallen. De camera moet daarvoor eerst scherpstellen. Veel camera's stellen automatisch scherp. Bij sommige camera's kun je die automatische scherpstelling uitzetten, zodat je met de hand kunt scherpstellen. Voor bijzondere foto's, zoals sportfoto's of nachtfoto's, is dat soms handig.

Met een optische bank kun je onderzoeken hoe dat scherpstellen in zijn werk gaat. In afbeelding 24 is een optische bank getekend. Op de rail zijn houders bevestigd met een lamp, een lens en een scherm. In een opening vóór de lamp is een dia geschoven. De dia wordt door de lens op het scherm afgebeeld.



▶ **afbeelding 24**
een optische bank

De afstand tussen het voorwerp en de lens heet de **voorwerpsafstand** *v*. De afstand tussen de lens en het (scherpe) beeld noem je de **beeldafstand** *b*. In afbeelding 24 is aangegeven hoe je deze afstanden kunt meten.

Als de voorwerpsafstand wordt veranderd, dan verandert de beeldafstand ook. Bij het scherpstellen verschuif je de lens totdat er een scherp beeld op het scherm te zien is. Soms kan ook het scherm worden verplaatst. Als het scherm niet op de goede plaats staat, is het beeld onscherp, of wazig. Het beeld is dan niet opgebouwd uit beeldpunten, maar uit overlappende 'beeldvlekjes'.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

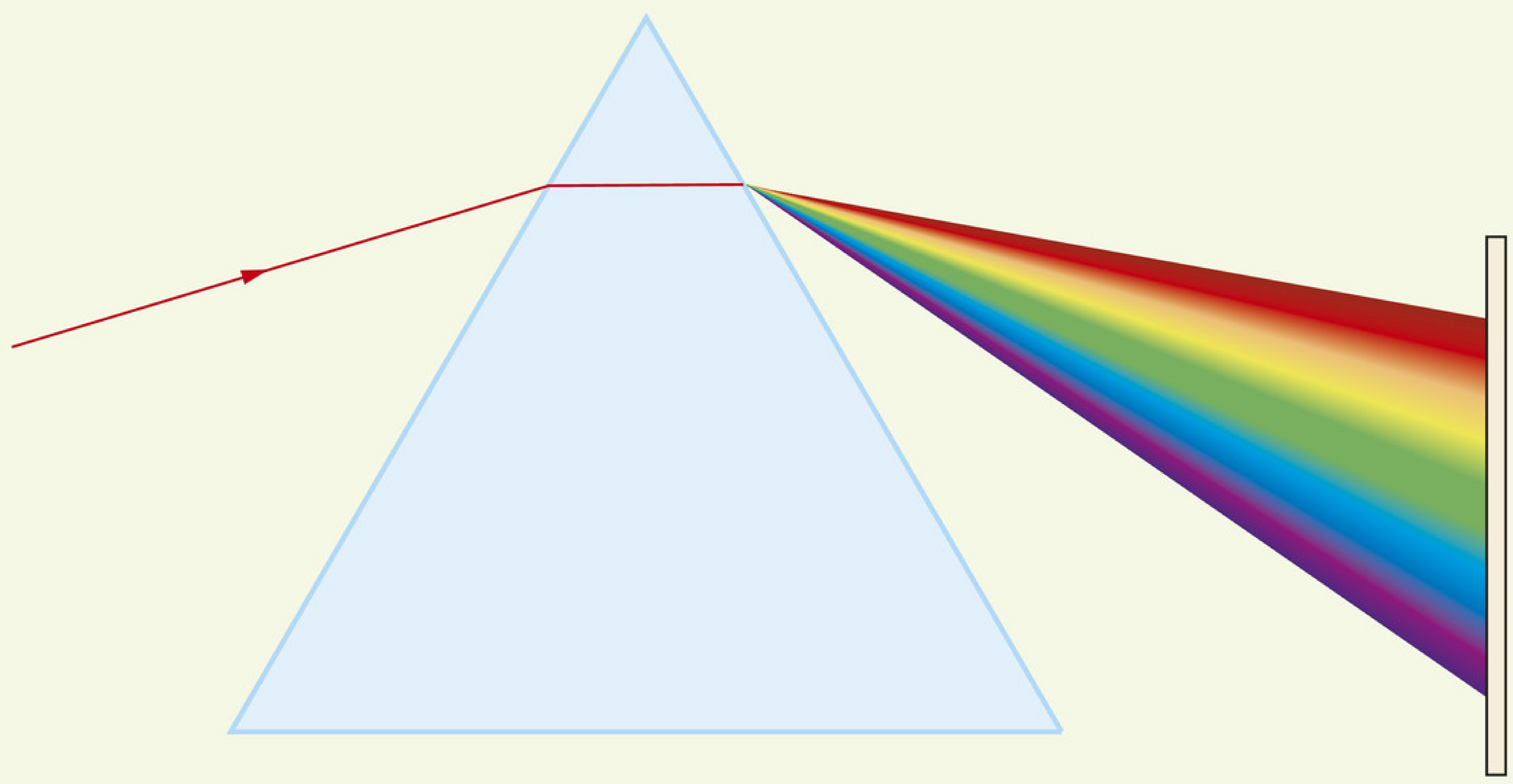
Plus Lensfouten

Elke lens maakt zogenoemde **lensfouten**. Dat zijn bijvoorbeeld vertekeningen, waardoor rechte lijnen niet recht worden afgebeeld. Een deur wordt dan aan de boven- en onderkant smaller afgebeeld dan in het midden.

Fotocamera's hebben een onderdeel waarmee je veel lensfouten kunt verkleinen: het **diafragma**. Met deze ring regel je hoeveel licht er door de lens valt. Veel lensfouten worden kleiner als er minder licht wordt doorgelaten.

In het menselijk oog zit ook een lens. Een veelvoorkomende fout van de ooglens is astigmatisme. De ooglens heeft dan voor horizontale (liggende) beelden een andere brandpuntsafstand dan voor verticale (staande) beelden. Daardoor lijken rechte voorwerpen krom. Dit kan worden gecorrigeerd met brillenglazen of contactlenzen.

Een andere lenseigenschap is dat niet alle kleuren licht even sterk worden afgebogen. Rood wordt minder sterk gebroken dan geel. Violet wordt het sterkst gebroken. Met een prisma maak je hier op een handige manier gebruik van (afbeelding 25). Dankzij deze lenseigenschap kun je zien dat wit licht is opgebouwd uit verschillende kleuren.



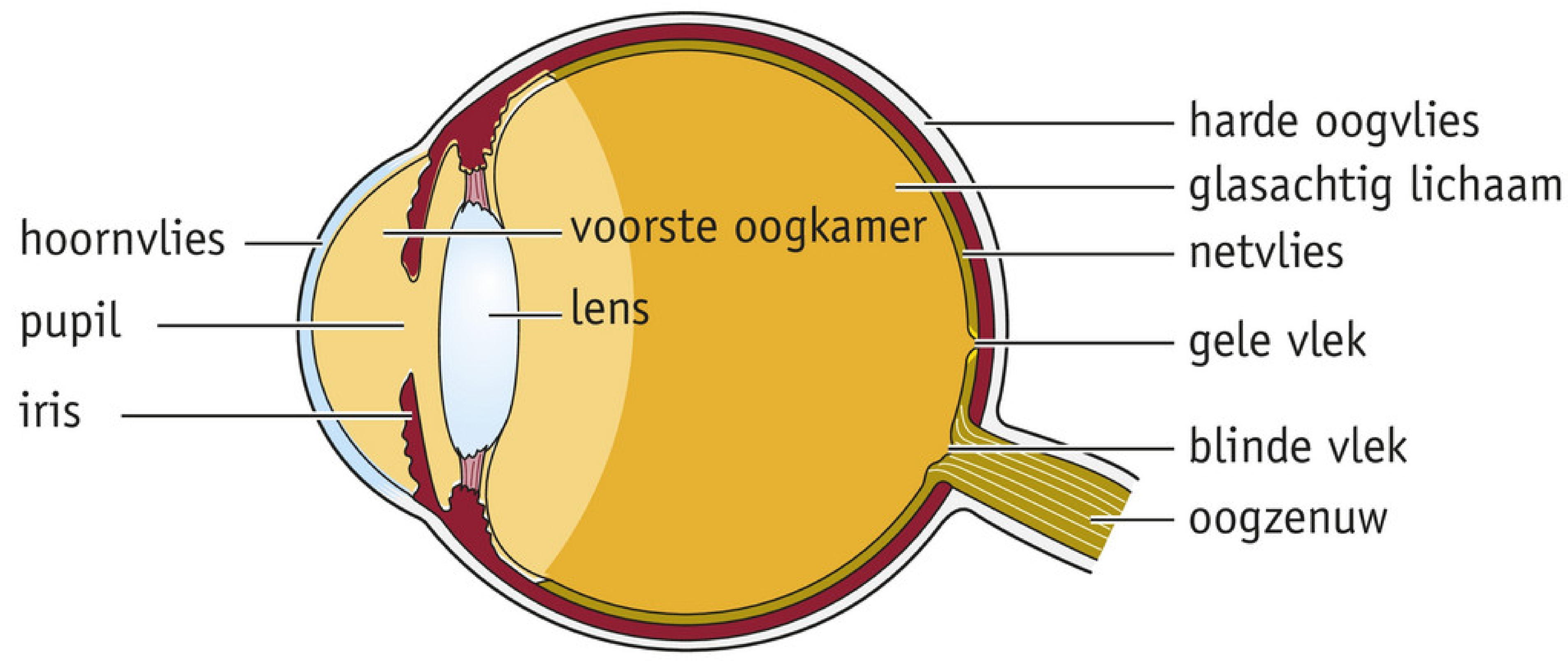
▶ **afbeelding 25**
lichtbreking door een prisma

4 Oog en bril

Als mensen niet goed zien, hebben ze een bril nodig. De brilglazen zijn lenzen die ervoor zorgen dat een scherp beeld wordt waargenomen.

De bouw van je ogen

Je ziet de dingen om je heen doordat ze licht weerkaatsen naar je ogen. Het licht beweegt daarna door de doorzichtige delen van elk oog: het gaat door het hoornvlies, de ooglens en het glasachtig lichaam. Ten slotte komt het licht op het netvlies terecht (afbeelding 26).



▶ **afbeelding 26**
een oog in doorsnede

De combinatie hoornvlies-ooglens-glasachtig lichaam heeft dezelfde uitwerking als een positieve lens: het licht wordt zo gebroken dat er op het netvlies een scherp reëel beeld ontstaat.

Het **netvlies** bevat een groot aantal lichtgevoelige zintuigcellen. Als er licht op de zintuigcellen valt, geven die cellen elektrische signalen af. Deze signalen worden door de oogzenuw doorgegeven aan de hersenen. Wanneer je hersenen de signalen ontvangen en verwerken, zie je iets.

De **pupil** is een opening in de **iris** (het gekleurde deel van je oog). In fel zonlicht is de iris breed en zijn je pupillen klein. Zo komt er niet te veel licht op je netvlies terecht. In het schemerdonker is de iris smal en zijn je pupillen groot. Het kleine beetje licht dat er nog is, wordt dan zo goed mogelijk benut (afbeelding 27).





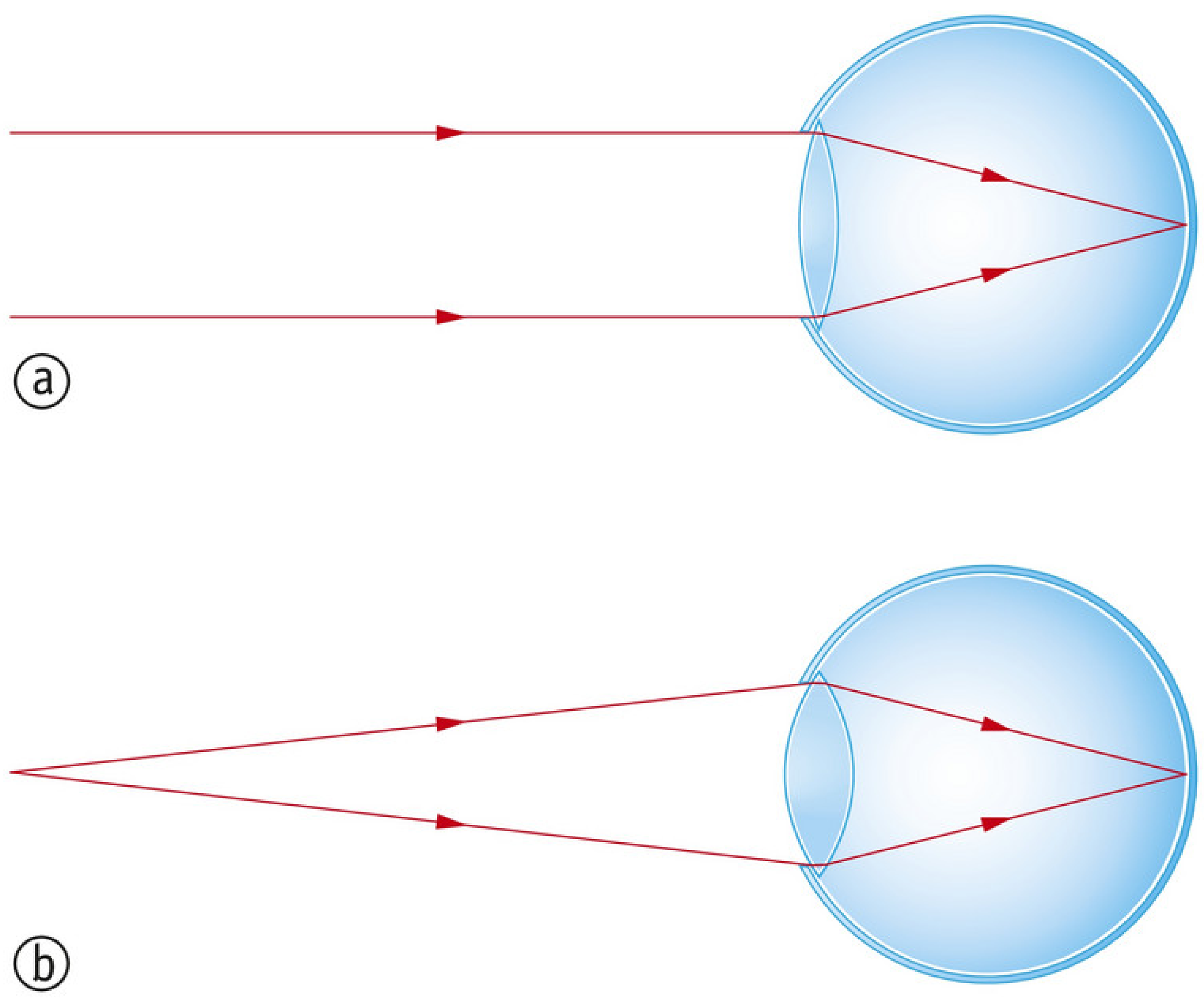
▶ **afbeelding 27**
een oog in helder licht (links) en in het schemerdonker (rechts)

Accommoderen Proef 5

Ook je ogen moeten kunnen scherpstellen. Maar je ogen hebben geen lens die kan verschuiven. De afstand tussen de ooglens en het netvlies (de beeldafstand) is steeds even groot. Dat je dichtbij en in de verte scherp kunt zien, komt doordat je ogen kunnen **accommoderen**: een kring van spiertjes rond de ooglens kan de ooglens platter en boller maken. Als je ooglens boller wordt, wordt hij sterker. Maak je hem platter, dan wordt hij minder sterk. Hoe sterker de ooglens is, hoe meer hij het licht breekt.

Als je naar een voorwerp in de verte kijkt, zijn je ooglenzen niet erg bol. Het licht dat in je ogen valt, divergeert bijna niet. De ooglenzen hoeven niet erg sterk te zijn om het voorwerp scherp af te beelden (afbeelding 28a).

Als je naar een voorwerp kijkt dat vlakbij is, zijn je ooglenzen veel boller. Het licht dat in je oog valt, divergeert behoorlijk. De bundel moet dan sterker worden gebroken dan bij een voorwerp in de verte. Je ooglenzen moeten nu vrij sterk zijn om een scherp beeld op het netvlies te vormen (afbeelding 28b).



▶ **afbeelding 28**
het accommoderen van je oog

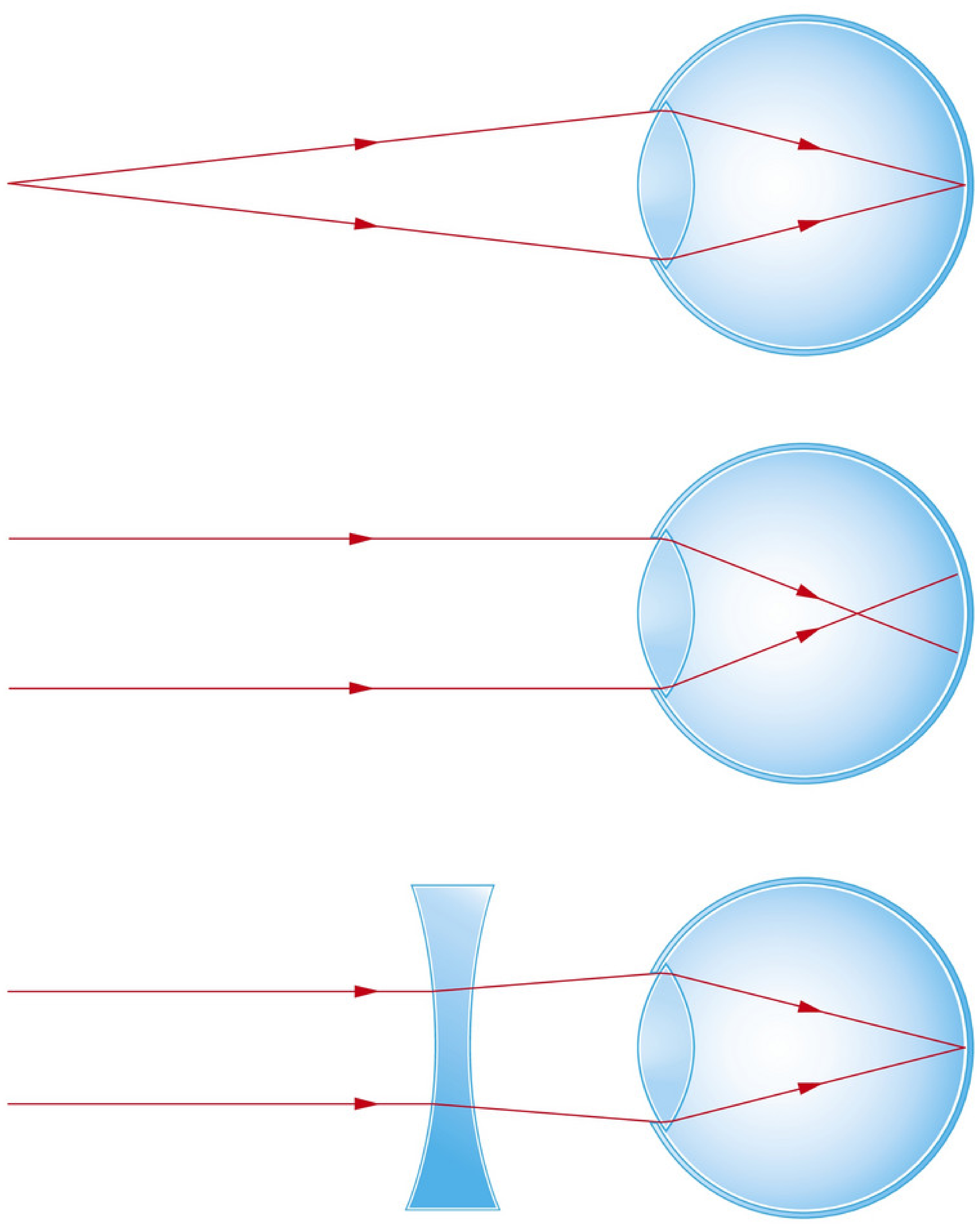
Als je naar de dingen om je heen kijkt, ben je telkens aan het scherpstellen. Je ooglenzen veranderen voortdurend van vorm om je blik scherp te houden.

Bijziend en verziend Proef 6

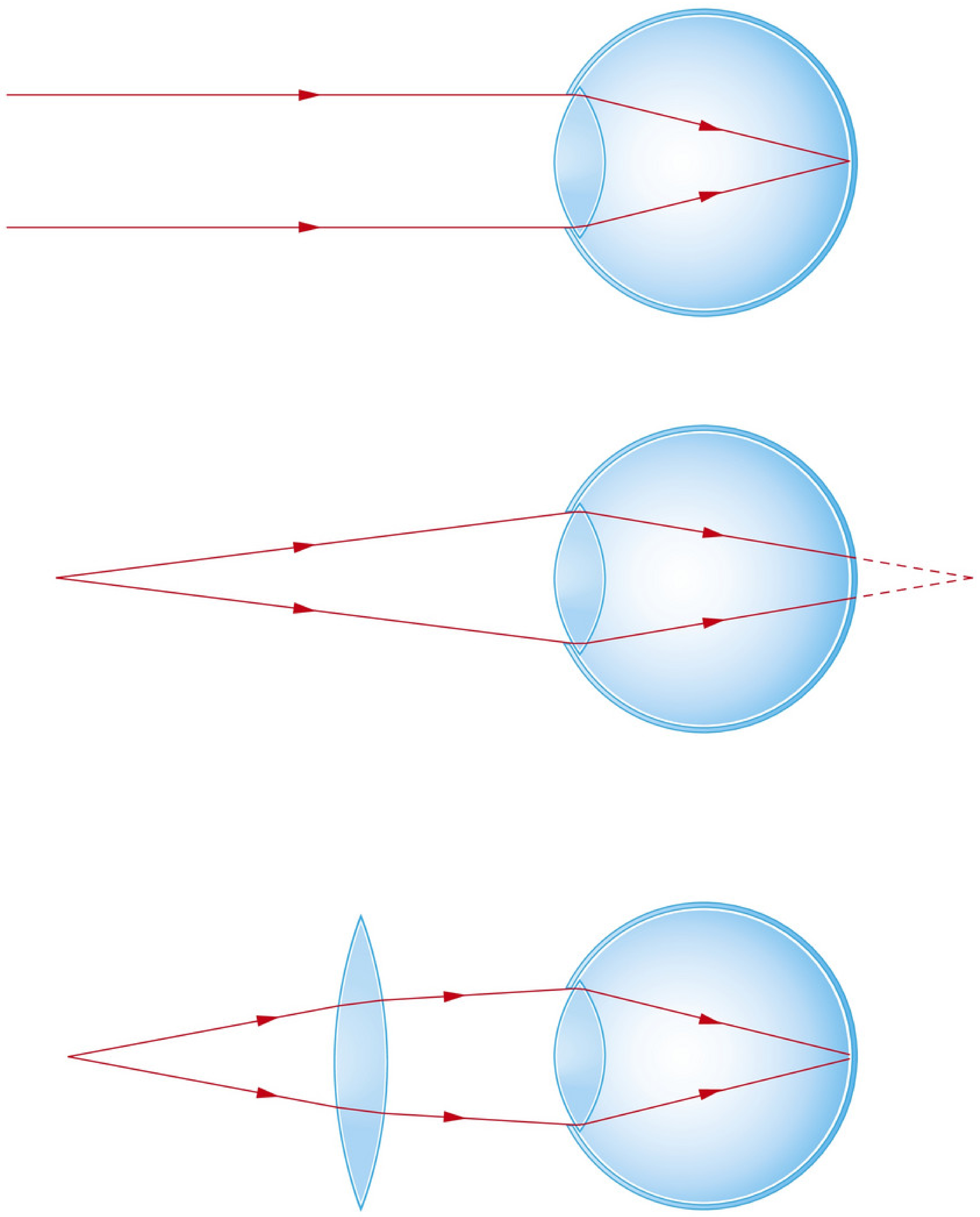
Veel mensen zien niet scherp. Hun ogen breken het licht te sterk of juist niet sterk genoeg. Ze hebben een bril of contactlenzen nodig om dat probleem te corrigeren.

Als je **bijziend** bent, zie je alleen scherp wat dichtbij is. Dingen die ver weg zijn, kun je niet scherp zien. Dit komt doordat de ooglenzen te bol zijn. Het beeld van een voorwerp in de verte komt niet op maar vóór het netvlies terecht.

Iemand die bijziend is, heeft negatieve brillenglazen of contactlenzen nodig. Die laten het licht dat op de ogen valt, iets divergeren. Daardoor vormt het beeld zich niet meer vóór maar precies op het netvlies (afbeelding 29).



▲ **afbeelding 29**
Bijziendheid wordt gecorrigeerd met een negatieve lens.



▲ **afbeelding 30**
Verziendheid wordt gecorrigeerd met een positieve lens.

Als je **verziend** bent, kun je alleen dingen in de verte scherp zien. Voorwerpen die vlakbij zijn, kun je niet goed zien. Dit komt doordat de ooglenzen te zwak zijn. Licht van een voorwerp dichtbij vormt een beeld achter het netvlies.

Iemand die verziend is, heeft positieve brillenglazen of contactlenzen nodig. Die zorgen ervoor dat het licht sterker wordt gebroken. Daardoor vormt het beeld zich niet meer achter maar precies op het netvlies (afbeelding 30).

Je kunt vaak zien wat voor glazen iemand in zijn bril heeft. Als iemand een bril draagt met positieve glazen, lijken zijn ogen groter dan in werkelijkheid. Dat komt doordat de positieve glazen werken als een vergrootglas. Bij een bril met negatieve glazen is het precies omgekeerd; dan zien de ogen van de drager er juist verkleind uit.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



BEROEPENORIËNTATIE

Een contactlensspecialist

Licht wordt ook gebruikt als meetinstrument. Een contactlensspecialist moet controleren of een contactlens goed op het oog past. Het is daarbij heel belangrijk hoe bol het oog is. Als de lens precies dezelfde vorm heeft als de oogbol, zal hij perfect passen. De specialist gebruikt speciale apparatuur om te controleren of een lens goed past. Dat gebeurt met behulp van een streepje licht (afbeelding 31).

◀ **afbeelding 31**
Met een streepje licht controleert de contactlensspecialist of een lens goed op het oog past.



▲ **afbeelding 32**
Op leesbrillen in de winkel staat de sterkte (in dioptrie) al vermeld.

Plus De sterkte van brillenglazen

Als je aan iemand vraagt wat voor bril hij heeft, zal het antwoord iets zijn als '+2' of '–3'. Deze getallen geven aan hoe sterk een brillenglas is. Die sterkte kun je berekenen als je de brandpuntsafstand van het glas weet. Dat doe je met de formule:

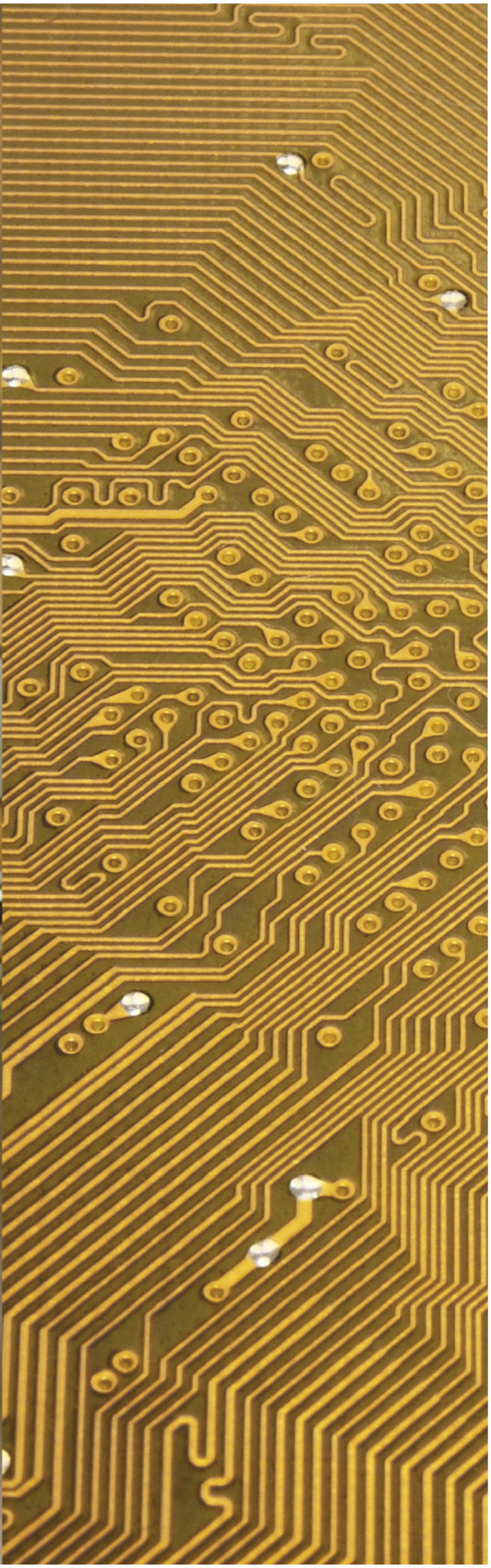
$$S = \frac{1}{f}$$

Als je de brandpuntsafstand invult in meters, vind je de sterkte van het brillenglas (S) in **dioptrie** (D) (afbeelding 32).

Voorbeeld
Een bril heeft een brandpuntsafstand van 33 cm.
Bereken de sterkte van de bril.

$$S = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}33} \approx +3\ \text{D}$$





6 Schakelingen

Automatische schakelingen

In veel apparaten zit een schakeling die dingen kan waarnemen en daarop kan reageren. Dat gebeurt allemaal automatisch. Daardoor kan het apparaat zelfstandig zijn werk doen. Voorbeelden hiervan zijn: koffie zetten, frisdrank verkopen, alarm slaan, de temperatuur regelen of een deur openen en sluiten.

1 Weerstandjes

Een grote weerstand klinkt als iets dat je nauwelijks kunt tillen. Dat is het niet: weerstand heeft alles te maken met elektriciteit.

De weerstand van een lampje

Als je de pluspool en de minpool van een batterij met een snoer aan elkaar verbindt, ontstaat er kortsluiting. De **weerstand** van het koperdraad in het snoer is erg klein; daardoor gaat de stroom er gemakkelijk doorheen. Dat kun je voelen: het snoer en de batterij worden heet. Je merkt het ook doordat de batterij binnen de kortste keren leeg is.

Als je een lampje op een batterij aansluit, ontstaat er geen kortsluiting. Dat komt doordat een lampje veel meer weerstand heeft dan een snoer. De draadjes in het lampje zijn veel dunner en daardoor gaat de stroom er veel moeilijker doorheen dan door het snoer.

Het lampje in afbeelding 1 is gemaakt voor een spanning van 6 V. Bij die spanning gaat precies de juiste hoeveelheid stroom door het lampje.



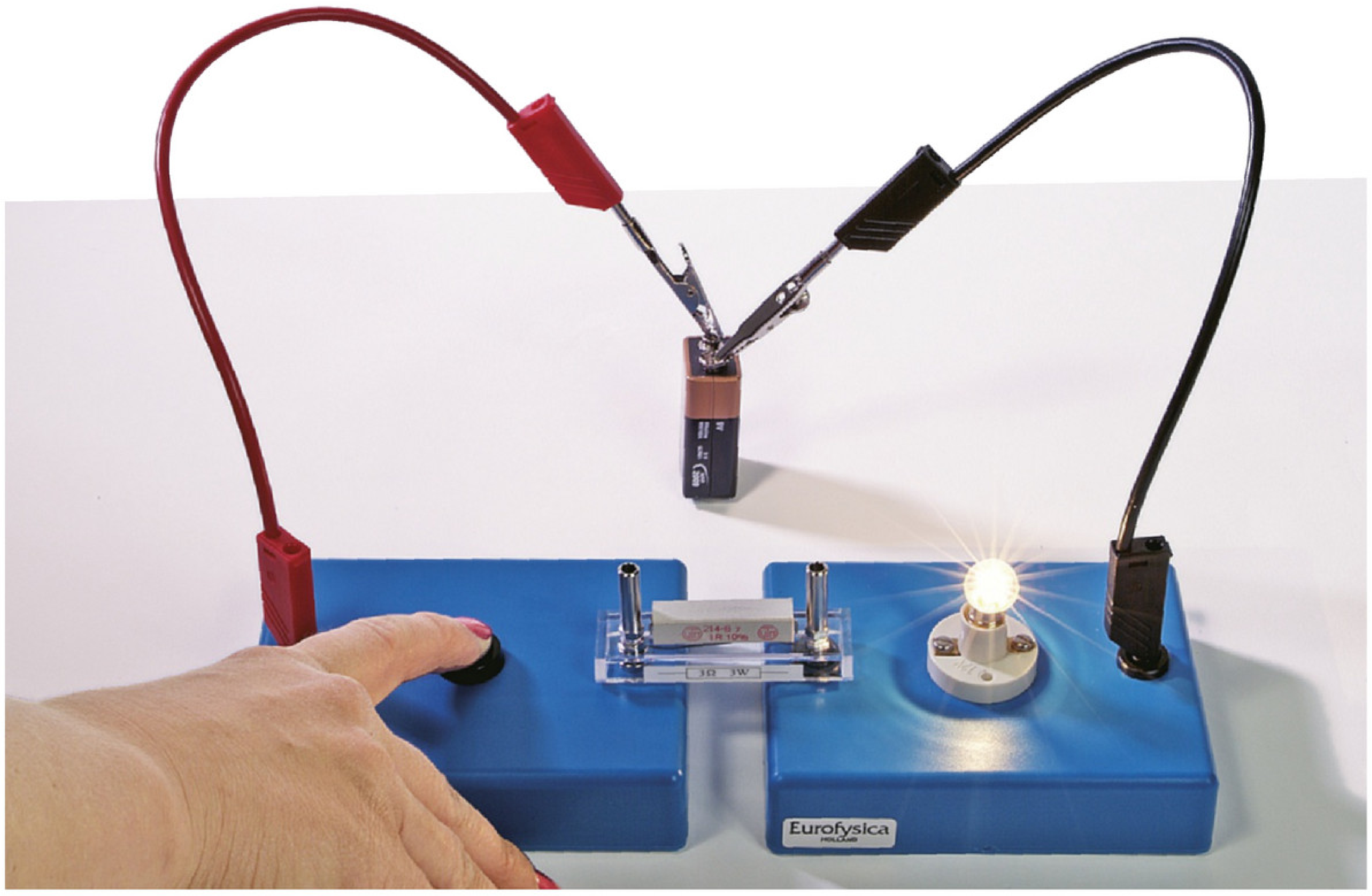
▶ **afbeelding 1**
Het lampje brandt op de juiste spanning.

De weerstand groter maken Proef 1

Je kunt het lampje van afbeelding 1 niet zomaar aansluiten op een batterij van 9 V. De weerstand van het lampje is te klein voor deze spanning. Als je het lampje toch op 9 V aansluit, wordt de stroomsterkte te groot: het lampje brandt door.

Misschien wil je toch een batterij van 9 V gebruiken, bijvoorbeeld omdat je geen andere batterij hebt. Dat kan wel, maar dan moet je eerst de totale weerstand groter maken. Daarvoor heb je een extra schakelonderdeel nodig. Dat moet voor dit doel de juiste weerstand hebben. Zo'n onderdeel wordt een **weerstandje** genoemd.

Als je een geschikt weerstandje hebt gevonden, schakel je het in serie met het lampje (afbeelding 2). De stroom moet dan door het lampje én het weerstandje stromen. De stroomsterkte wordt daardoor kleiner, omdat de totale weerstand van de stroomkring groter wordt. Zo kun je de stroomsterkte verkleinen tot een waarde waarbij het lampje niet doorbrandt.



▶ **afbeelding 2**
Het weerstandje voorkomt dat het lampje doorbrandt.

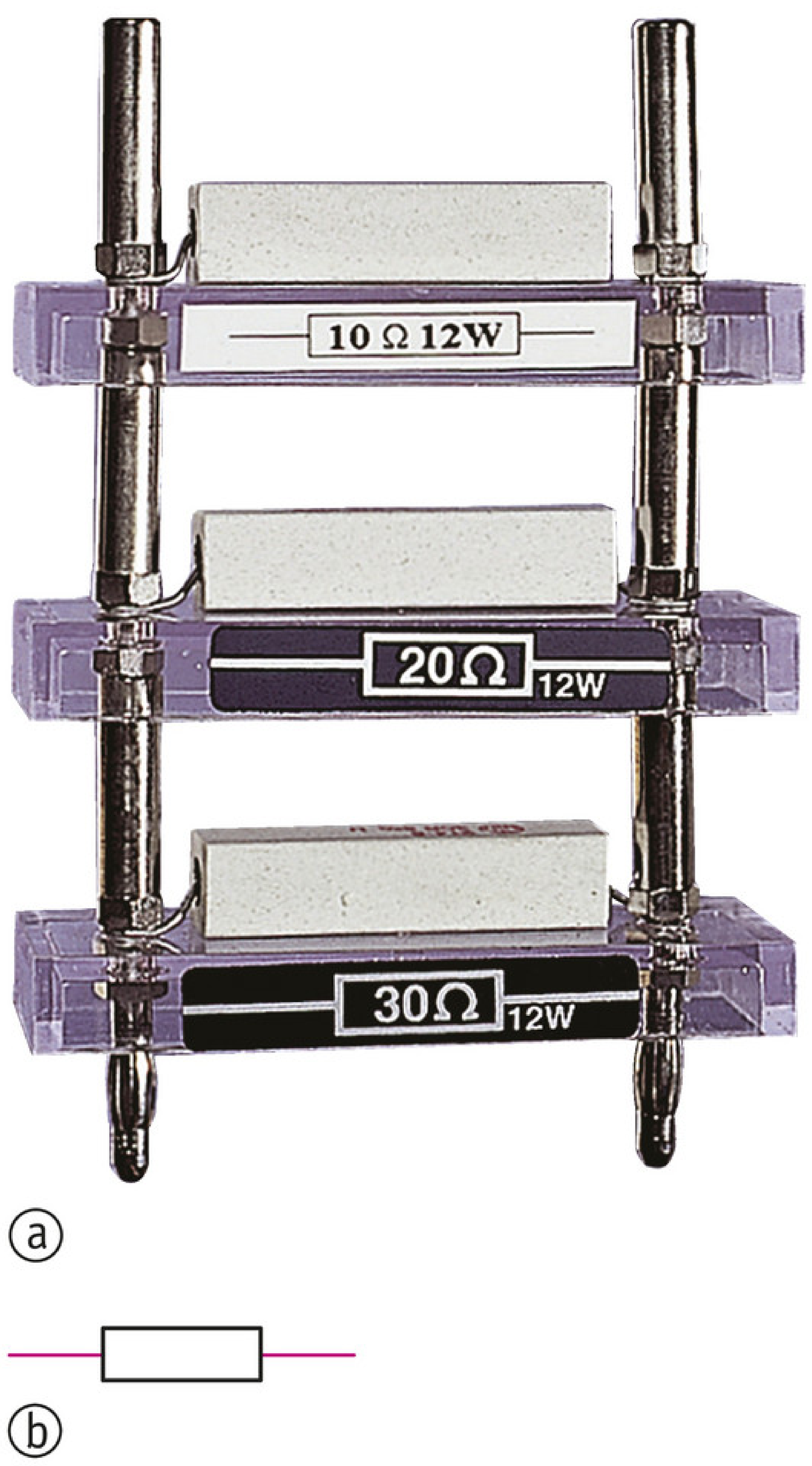
In automatische schakelingen worden vaak weerstandjes gebruikt (afbeelding 3). Weerstandjes zijn in allerlei waarden te koop. Hoe groot die waarde is, kun je zien aan de **kleurcode** op het weerstandje.



◀ **afbeelding 3**
Zo ziet een weerstandje met kleurcode eruit.

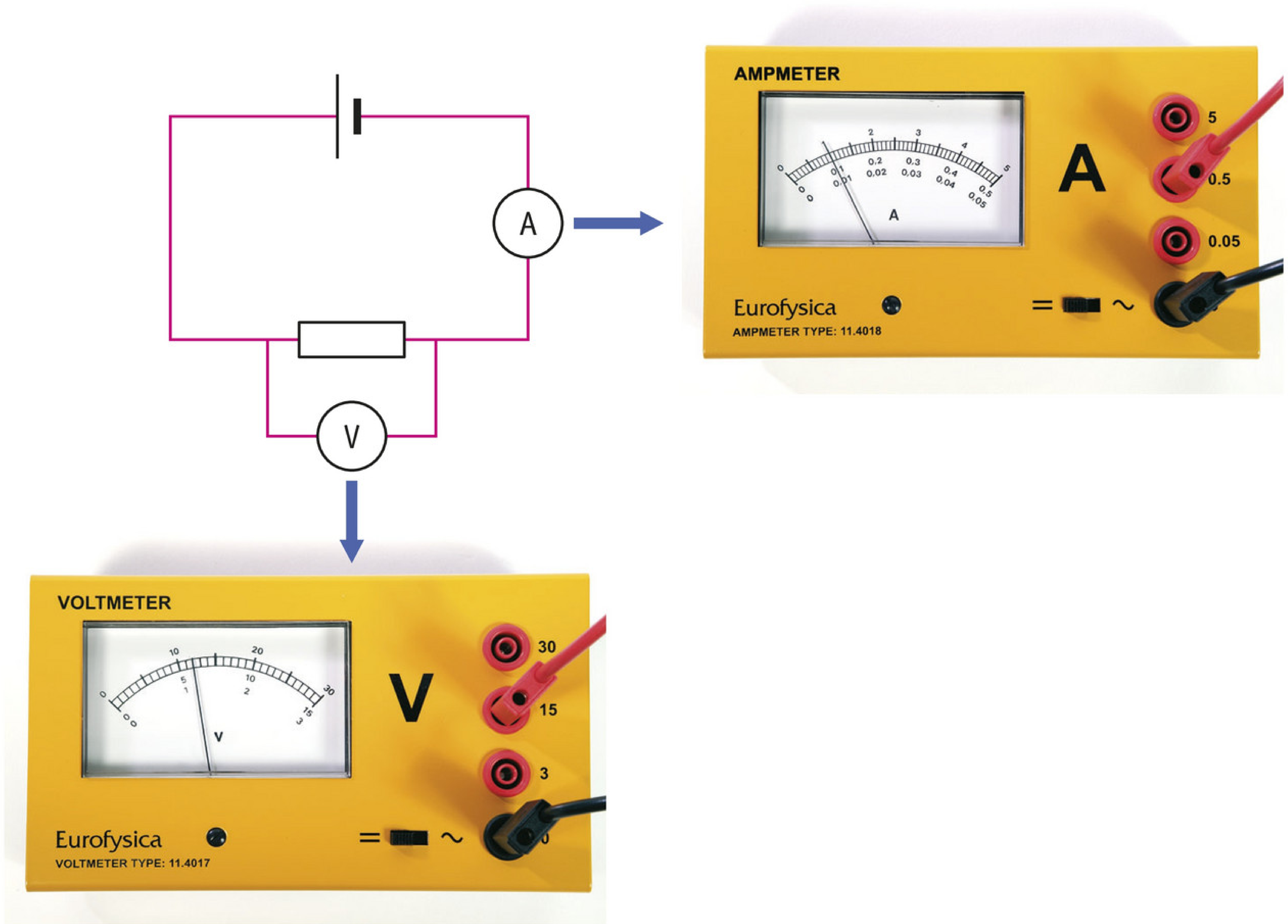
Weerstand berekenen Proef 2

In afbeelding 4 zie je drie weerstandjes die veel op school worden gebruikt. Op zulke weerstandjes staat de waarde al vermeld. Onder de drie weerstandjes is het schakelsymbool voor een weerstandje getekend.



▲ **afbeelding 4**
Boven (a) zie je hoe practicumweerstanden eruitzien. Onder (b) zie je hoe je weerstanden tekent.

Met de opstelling van afbeelding 5 kun je controleren of het weerstandje wel de waarde heeft die erop staat vermeld.



▶ **afbeelding 5**
Met deze schakeling kun je bepalen hoe groot de weerstand is.

Daarvoor moet je eerst de spanning en de stroomsterkte meten. Daarna kun je de weerstand berekenen met de formule:

$$\text{weerstand} = \frac{\text{spanning}}{\text{stroomsterkte}}$$

In letters schrijf je dit als:

$$R = \frac{U}{I}$$

De R komt van het Engelse woord *resistance*, wat weerstand betekent. Als je de spanning (U) invult in volt (V) en de stroomsterkte (I) in ampère (A), vind je de weerstand (R) in ohm (Ω).

Voorbeeld
Bereken de grootte van de weerstand in afbeelding 5.

U = 6 V
I = 0,1 A

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6}{0{,}1} = 60\ \Omega$$

Als je de weerstand R en de spanning U weet, kun je met deze formule de stroomsterkte berekenen.

Voorbeeld
Bereken de stroomsterkte door een weerstand van 100 Ω, die is aangesloten op een spanning van 50 V.

R = 100 Ω
U = 50 V

$$I = \frac{U}{R} = \frac{50}{100} = 0{,}5\ \text{A}$$

Als je de weerstand R kent en de stroomsterkte I, dan kun je met deze formule ook de spanning uitrekenen.

Voorbeeld
Bereken op welke spanning een lamp is aangesloten als de weerstand 60 Ω is en de stroomsterkte 0,25 A.

I = 0,25 A
R = 60 Ω

$$U = R \cdot I = 60 \times 0{,}25 = 15\ \text{V}$$

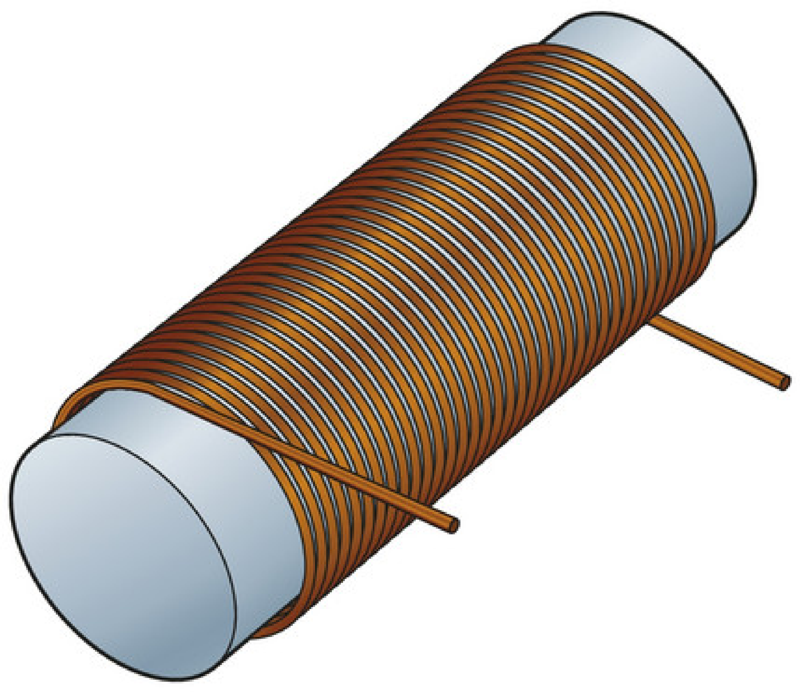
Zie ook vaardigheid 8 achter in je boek.

Draadweerstanden maken Proef 3

Als je een weerstandje zoekt met een bepaalde waarde, kun je verschillende dingen doen. Als je geluk hebt, is het weerstandje los te koop. Als dat niet zo is, kun je vaak een combinatie maken van twee of meer weerstandjes. Je kunt ook zelf een weerstandje maken van **weerstandsdraad** (afbeelding 6).



◀ **afbeelding 6**
informatie over weerstandsdraad in een elektronicacatalogus



▲ **afbeelding 7**
Zo maak je met weerstandsdraad je eigen weerstandje.

Weerstandsdraad is meestal gemaakt van het metaal constantaan. Daarbij moet je goed op de weerstand per meter letten. Je kunt bijvoorbeeld weerstandsdraad kopen van 5 ohm per meter (Ω/m). Dat wil zeggen dat één meter van dit draad een weerstand heeft van 5 Ω. Twee meter van dit draad heeft dan een weerstand van 2 × 5 = 10 Ω, enzovoort.

Om een weerstand te maken met een bepaalde waarde, moet je de juiste lengte van het draad afknippen. Daarna wikkel je het draad in een spiraal om een staafje (afbeelding 7).

Voorbeeld
Johan heeft een weerstand nodig van 17 Ω. Hij gebruikt weerstandsdraad van 5 Ω/m.
Hoeveel meter draad moet Johan afmeten?

Benodigde weerstand: 17 Ω
Weerstand per meter: 5 Ω

Johan moet dus 17 / 5 = 3,4 m draad afmeten.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Werken met een schuifweerstand

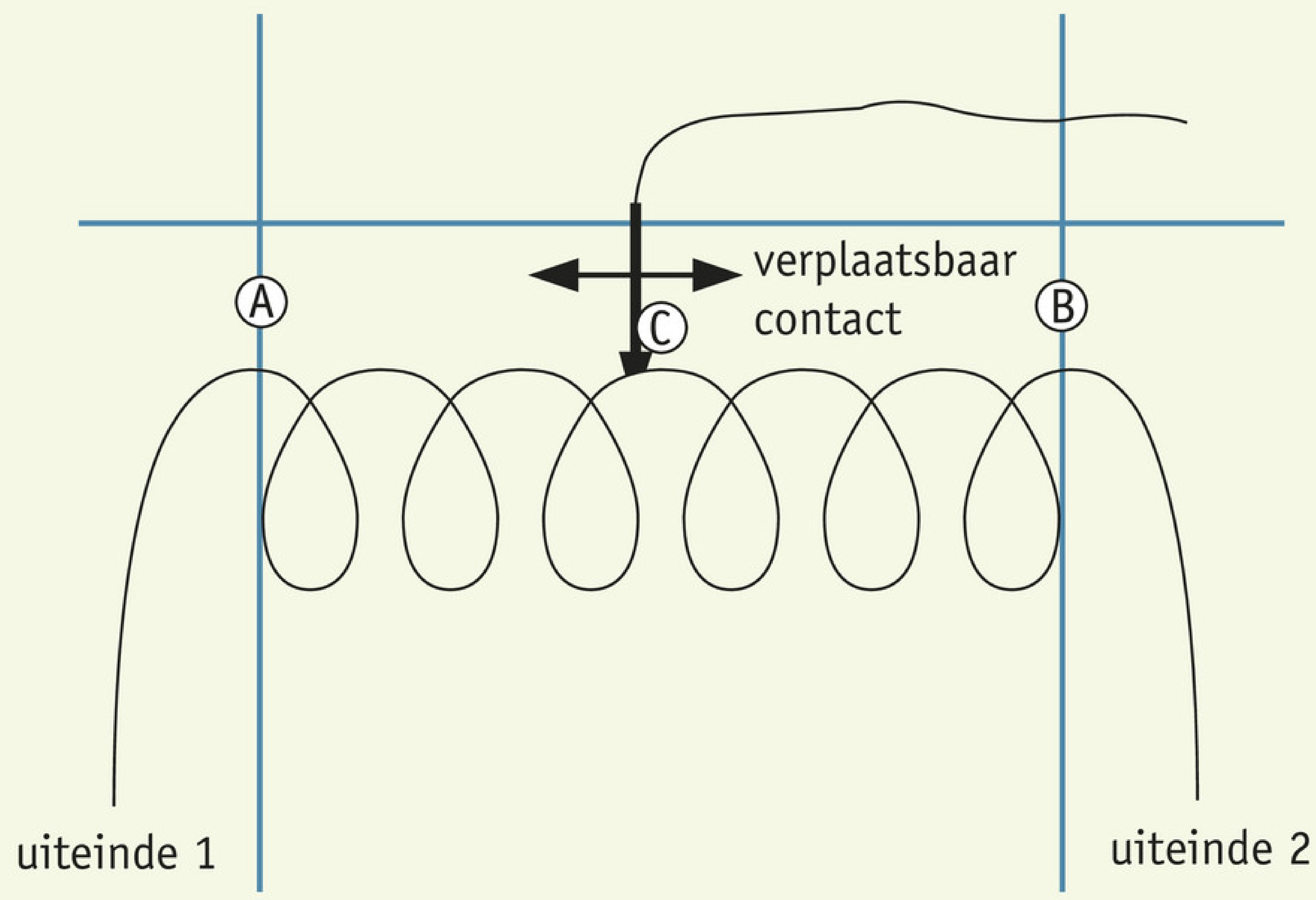
In de volumeknop van een radio zit een speciale weerstand, waarvan de waarde verandert als je de volumeregelaar gebruikt. Zo'n weerstand noem je een schuifweerstand.

Een schuifweerstand bestaat uit weerstandsdraad met een bekende lengte en een schuifcontact (afbeelding 8). De draad is strak om een ronde isolerende staaf gerold. De schuifweerstand heeft drie aansluitpunten: één aan elk uiteinde van de weerstandsdraad (A en B), het derde aansluitpunt (C) is verbonden met het schuifcontact.

Om de schuifweerstand goed te laten werken in een stroomkring, gebruik je punt C in combinatie met punt A of B. In afbeelding 8 loopt de stroom van C via het schuifcontact en het linkerdeel van de opgerolde weerstandsdraad naar A. Het deel van de schuifweerstand tussen het schuifcontact en B wordt nu dus niet gebruikt.

Je kunt het schuifcontact verschuiven over de lengte van de draad. Daardoor verandert de weerstand tussen het contact en de uiteinden van de draad. Als de schuif in afbeelding 8 helemaal naar A is geschoven, gaat de stroom niet door de opgerolde weerstandsdraad. Dan is de weerstand 0 Ω.

Als je de schuifweerstand nu 1 cm bij A wegschuift, gaat de stroom door een klein stukje van de opgerolde weerstandsdraad. Hoe verder je de schuif bij A wegschuift, hoe meer weerstandsdraad de stroom moet passeren. Dus ook: hoe meer weerstand de stroom ondervindt. De waarde van de schuifweerstand in afbeelding 8 is dus het hoogst als de schuif helemaal naar B is geschoven.



▶ **afbeelding 8**
een schuifweerstand in serie met een lamp

2 LDR en NTC

Als je 's avonds door een woonwijk loopt, floept er bij veel huizen opeens een buitenlamp aan. Blijkbaar 'weet' die lamp dat jij langsloopt.

De buitenlamp

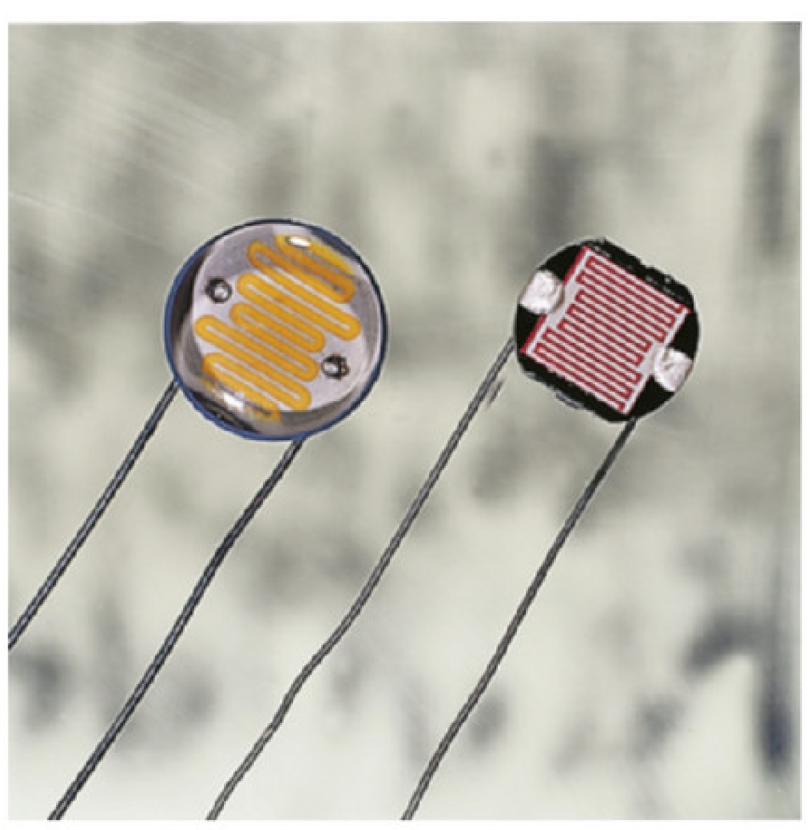
Veel mensen hebben een buitenlamp die vanzelf aan- en uitgaat. In zo'n lamp zit een automatische schakeling, die ervoor zorgt dat de lamp aangaat als er in het donker iemand in de buurt komt.
Zo'n automatische schakeling bestaat uit drie delen:

- Een **sensor** produceert een elektrisch signaal dat informatie geeft over de omgeving. Bijvoorbeeld dat er iemand in de buurt van de lamp komt.
- Een **verwerker** verwerkt het signaal van de sensor. Bijvoorbeeld dat er beweging is waargenomen en dat de lamp aan moet gaan.
- Een **actuator** doet iets wat nuttig of prettig is voor de eigenaar van de schakeling. In dit voorbeeld is dat 'licht geven'.

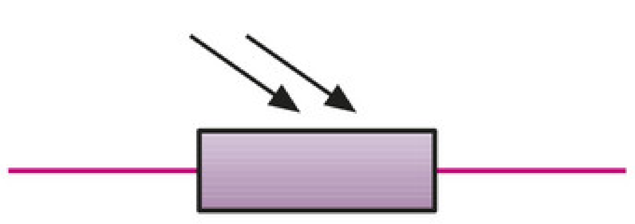
De buitenlamp in het voorbeeld gaat aan als er iemand aankomt. In zo'n lamp wordt een warmtegevoelige sensor gebruikt. Deze sensor reageert op de infrarode straling die door mensen en dieren wordt uitgezonden. Als de sensor warmte waarneemt, geeft de verwerker een signaal aan een schakelaar om de lamp in te schakelen.

Er zijn ook buitenlampen met een sensor die reageert op de hoeveelheid licht. Als het donker wordt, verandert het signaal van de sensor. De verwerker geeft ook hier een signaal aan een schakelaar, die vervolgens de lamp aanzet.

▼ **afbeelding 9**
een LDR: in het echt (a) en als schakelsymbool (b)



ⓐ



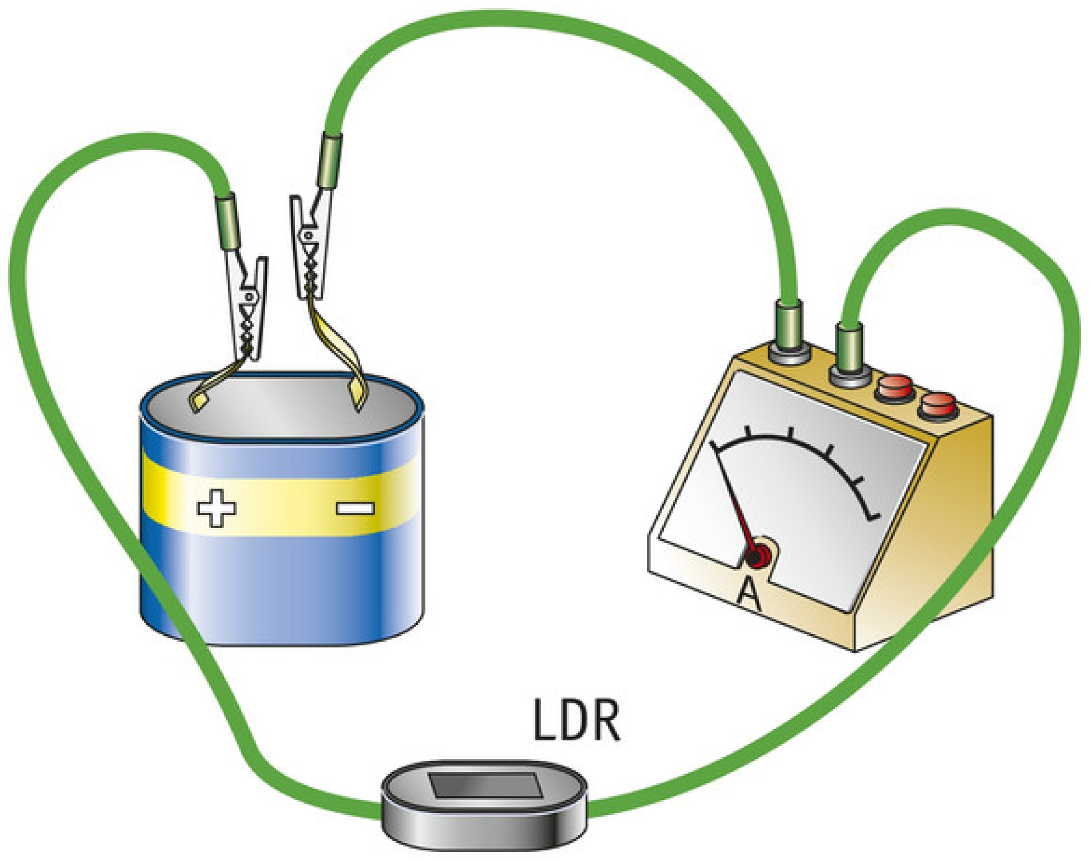
ⓑ

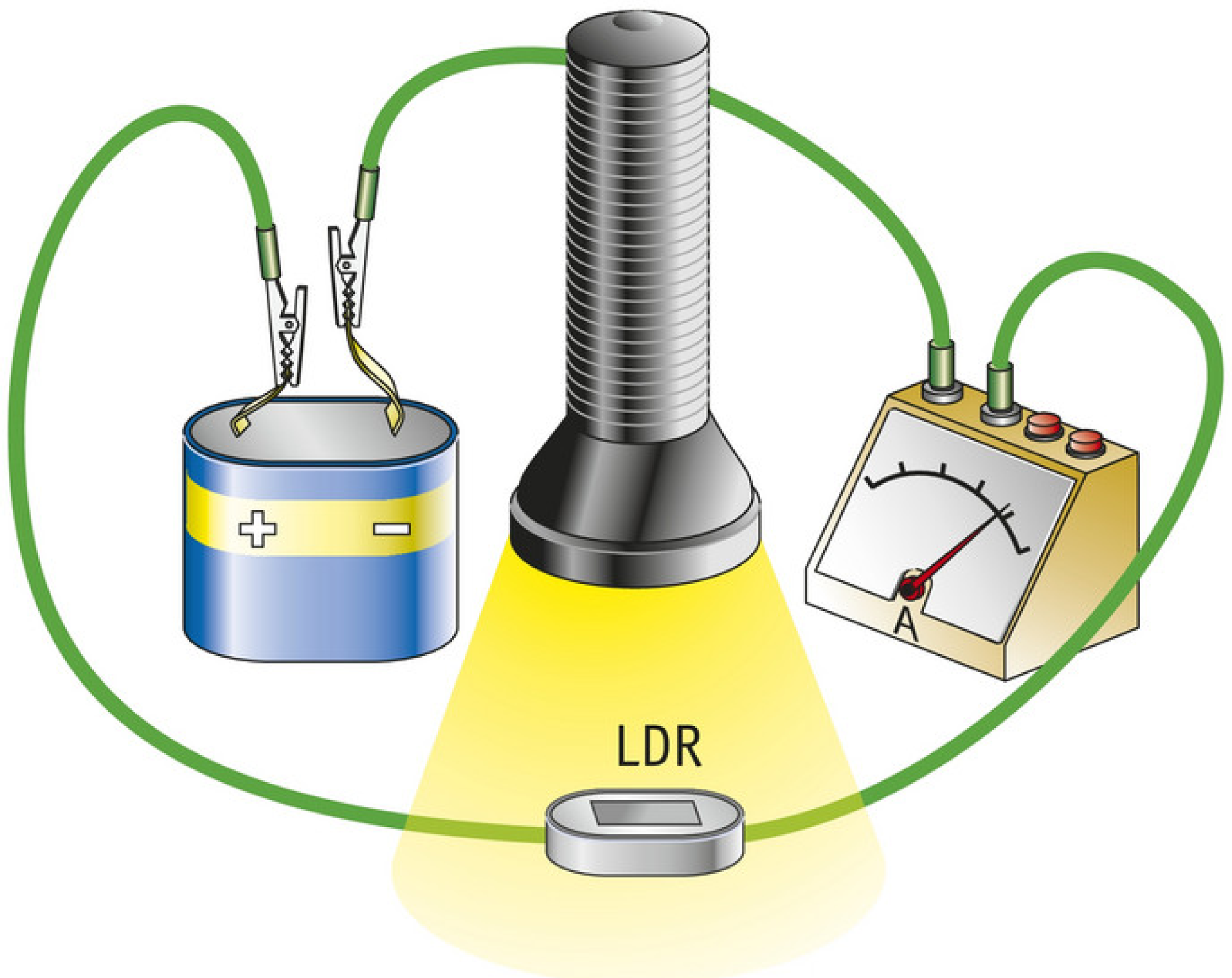
Een lichtsensor: de LDR Proef 4

Een **LDR** is een veelgebruikte lichtsensor (afbeelding 9). De letters LDR staan voor *Light Dependant Resistor*: lichtgevoelige weerstand. De weerstand van een LDR hangt af van de hoeveelheid licht. In het donker is de weerstand van een LDR erg groot (tot wel 10 000 000 Ω). Als er fel licht op de LDR valt, is de weerstand veel kleiner (ongeveer 100 Ω).

In mobiele telefoons met een camera met flitser zit een automatische schakeling. Bij het maken van een foto zorgt die schakeling ervoor dat de flitser wordt ingeschakeld als er te weinig licht is. In zo'n schakeling wordt een LDR gebruikt als sensor om de lichtsterkte te meten.

In afbeelding 10 is een schakeling getekend met een LDR en een stroommeter. Hoe meer licht er op de LDR valt:
- hoe kleiner de weerstand van de LDR; en
- hoe groter de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft.



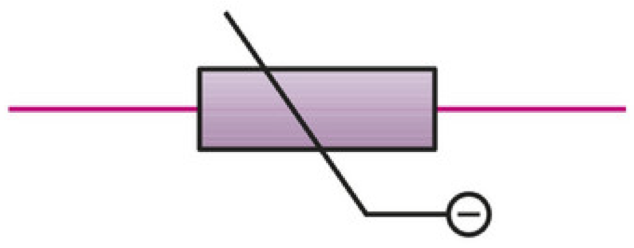


▲ **afbeelding 10**
Deze schakeling kun je als lichtmeter gebruiken.

De stroomsterkte is een elektrisch signaal dat informatie geeft over de lichtsterkte. Je kunt dit signaal meten met een stroommeter, zodat je weet hoeveel licht er is.
Je kunt het signaal ook gebruiken in een automatische schakeling die een lamp aan- en uitzet. Daarover leer je meer in paragraaf 4 van dit hoofdstuk.

▼ **afbeelding 11**
een NTC: in het echt (a) en als schakelsymbool (b)


ⓐ



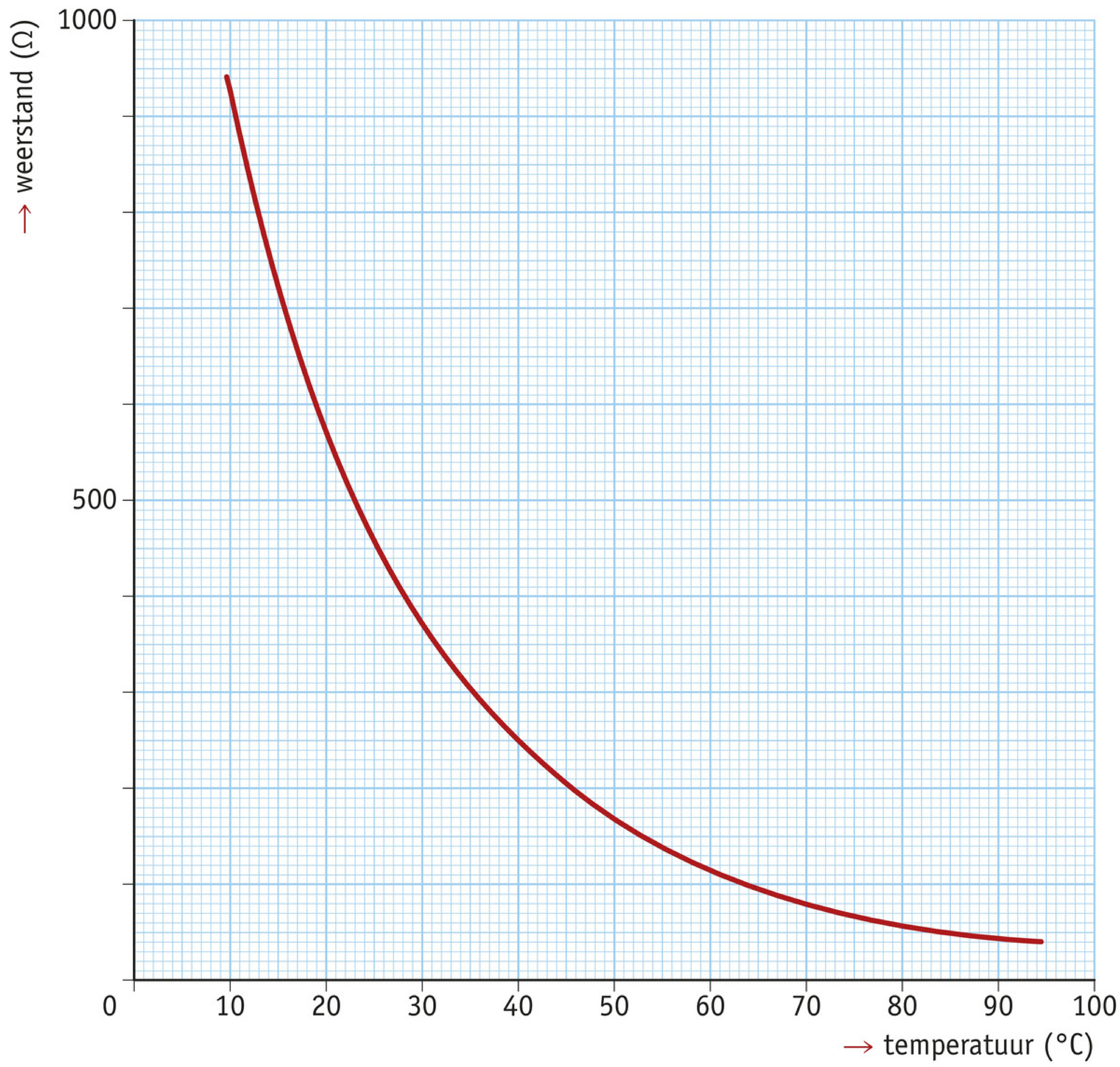
ⓑ

Een temperatuursensor: de NTC Proef 5

Een **NTC** is een veelgebruikte temperatuursensor (afbeelding 11). De weerstand van een NTC wordt kleiner als de temperatuur van de NTC stijgt. Bekijk de grafiek in afbeelding 12 maar eens. Vandaar de aanduiding *Negatieve Temperatuur Coëfficiënt*, afgekort als NTC.
NTC-weerstanden zijn er in allerlei waarden. Het is de gewoonte om op te geven hoe groot hun weerstand is bij 25 °C. Ga zelf na hoe groot die weerstand is bij de NTC van afbeelding 12 op bladzijde 116.

De temperatuur meten met een NTC

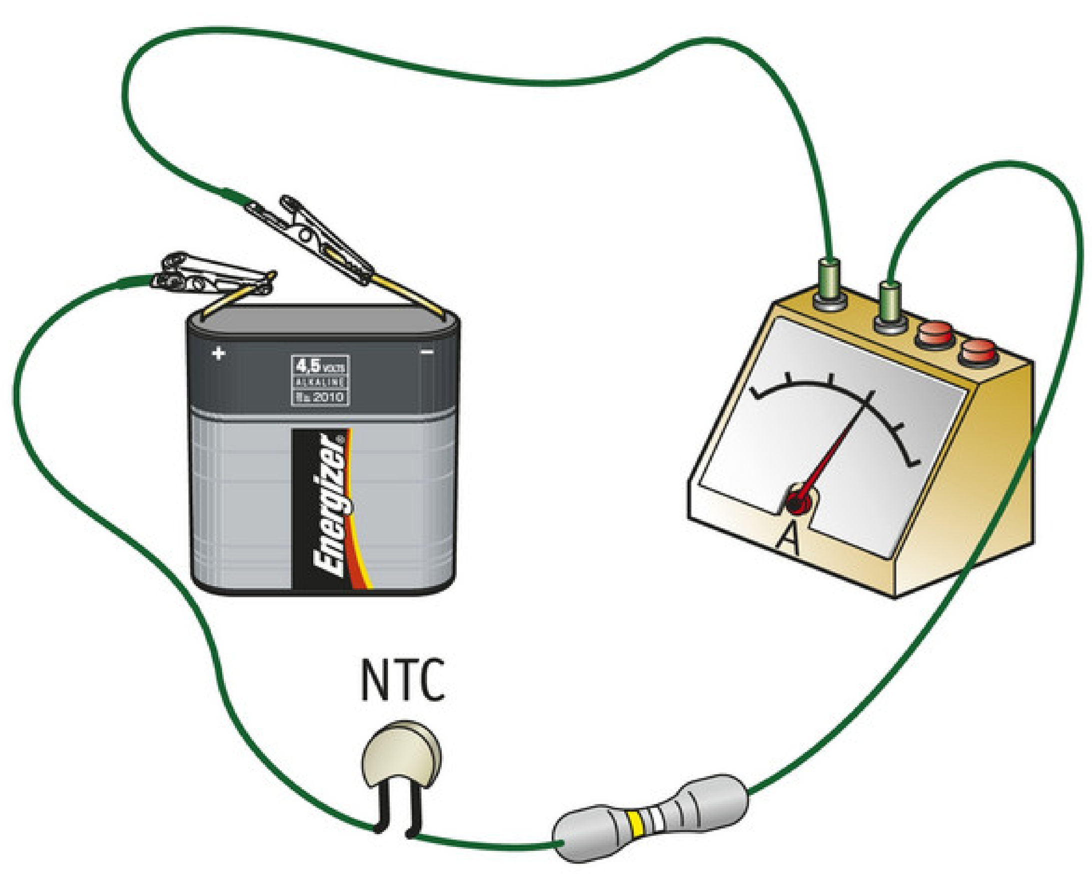
Als je de temperatuur wilt meten, kun je een vloeistofthermometer gebruiken. Maar als je een temperatuursensor nodig hebt voor een automatische schakeling, is zo'n thermometer geen goede keuze. Je hebt dan een elektrisch signaal nodig en dat kan een vloeistofthermometer niet leveren.



▶ **afbeelding 12**
Hoe hoger de temperatuur, hoe lager de weerstand.

Een NTC kan wel een elektrisch signaal afgeven. In afbeelding 13 zie je hoe je dat signaal kunt meten. De NTC zet je op de plaats waar je de temperatuur wilt meten. Hoe hoger de temperatuur:
- hoe kleiner de weerstand van de NTC; en
- hoe groter de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft.

De stroomsterkte is een elektrisch signaal dat informatie geeft over de temperatuur. Je kunt de schaalverdeling op de stroommeter daarom vervangen door een schaalverdeling in graden Celsius (°C). Je moet de meter daarvoor ijken met een gewone thermometer.



▲ **afbeelding 13**
Deze schakeling kun je als thermometer gebruiken.

De stroom begrenzen

In de schakeling in afbeelding 13 is ook een gewoon weerstandje opgenomen. Dat is gedaan, omdat er anders problemen ontstaan met de NTC. Als er stroom door de NTC loopt, wordt de NTC warmer. Daardoor wordt de meting minder nauwkeurig. Om dit te voorkomen, wordt een gewoon weerstandje in serie geschakeld met de NTC. Het weerstandje werkt als een stroombegrenzer. Het zorgt ervoor dat de totale weerstand (de optelsom van de twee weerstanden) groot genoeg blijft. Daardoor blijft de thermometer nauwkeurig meten (afbeelding 14).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



BEROEPENORIËNTATIE

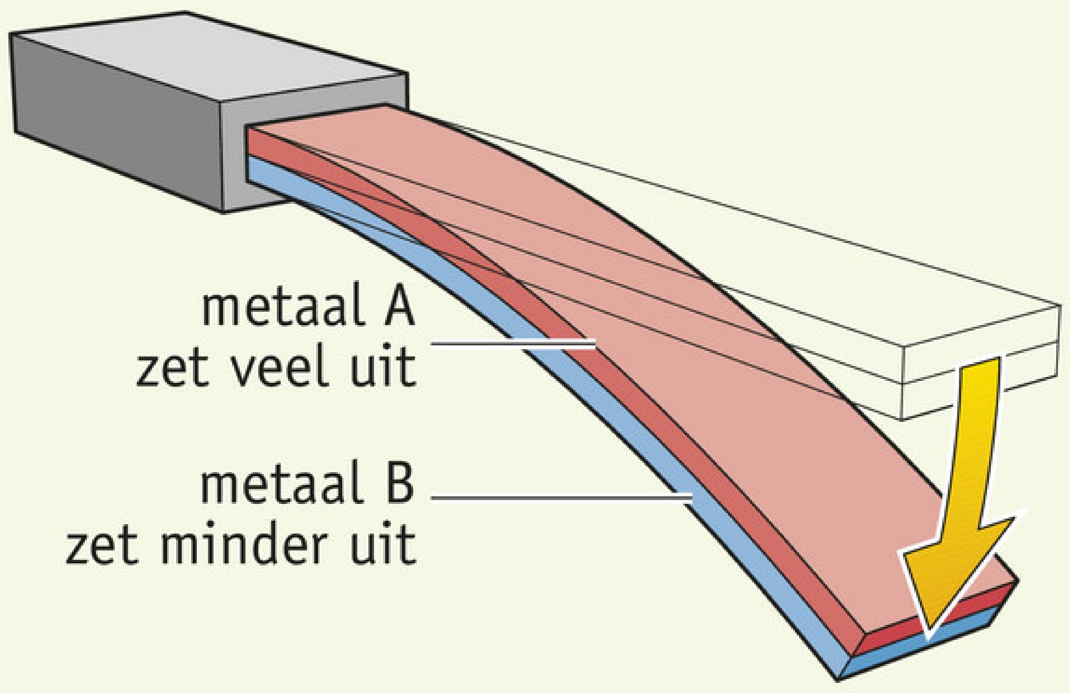
De lichaamstemperatuur meten

Deze verpleegkundige meet de lichaamstemperatuur van de peuter met een digitale thermometer waar een NTC in zit. Doordat het maar een paar seconden duurt, is het voor de peuter veel minder vervelend en voor de verpleegkundige een stuk gemakkelijker dan een vloeistofthermometer.

◀ **afbeelding 14**
Een schakeling met een NTC kun je als thermometer gebruiken.

Plus Het bimetaal

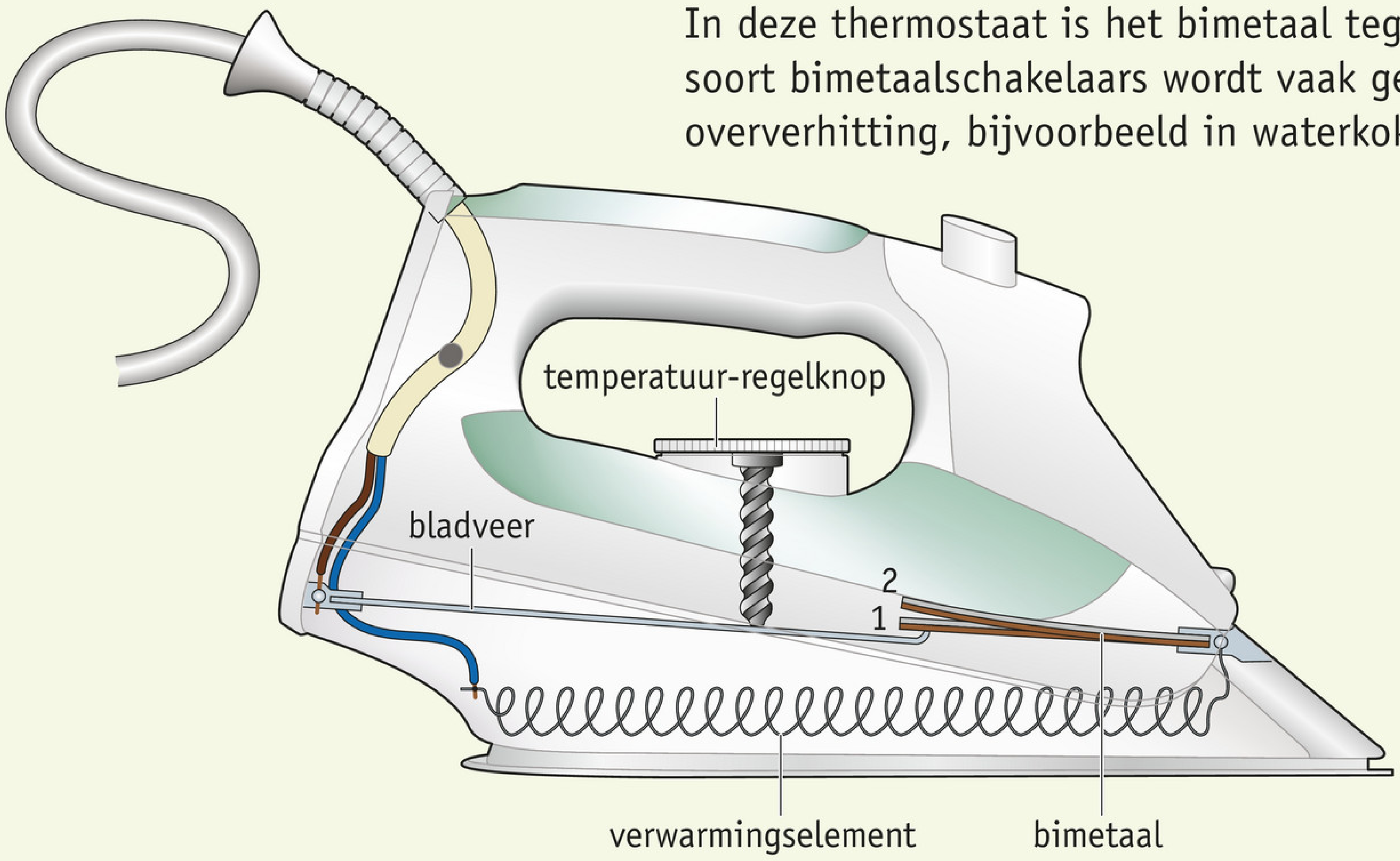
Een **bimetaal** bestaat uit twee strips van verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn vastgemaakt (afbeelding 15). Als je een bimetaal verwarmt, zet het ene metaal meer uit dan het andere. Daardoor trekt het bimetaal krom. De strip die het sterkst uitzet, zit in de 'buitenbocht', de strip die het minst uitzet, zit in de 'binnenbocht'.



▲ **afbeelding 15**
een bimetaal

Omdat een bimetaal elektriciteit geleidt, kun je het gebruiken als schakelaar. In afbeelding 16 zie je een toepassing: de thermostaat van een strijkijzer. Als de temperatuur hoog genoeg is, trekt het bimetaal krom (2) en wordt het contact verbroken. Als de temperatuur te ver daalt, buigt het bimetaal terug en wordt het contact hersteld (1). De temperatuur blijft daardoor rond een bepaalde waarde schommelen. Met de temperatuur-regelknop kan die waarde worden ingesteld.

In deze thermostaat is het bimetaal tegelijk sensor en schakelaar. Dit soort bimetaalschakelaars wordt vaak gebruikt als beveiliging tegen oververhitting, bijvoorbeeld in waterkokers.



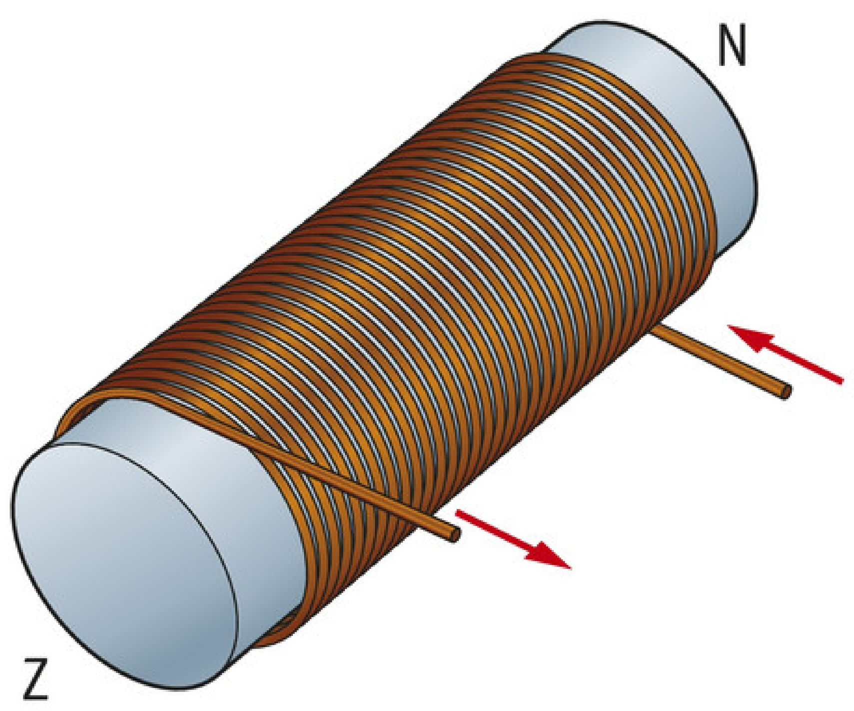
◀ **afbeelding 16**
een bimetaalschakelaar in een strijkijzer

3 Het relais

Als je het contactsleuteltje van een auto omdraait, hoor je vaak een klik. Die klik komt van een speciaal soort schakelaar die onder de motorkap zit.

Elektromagneten

Een **relais** is een schakelaar die wordt bediend door een **elektromagneet**. Je komt een relais in allerlei apparaten tegen: wasmachines, televisies, magnetrons, buitenlampen, enzovoort. Je herkent een relais aan het klikkende geluid dat het maakt tijdens het schakelen.



▲ **afbeelding 17**
een elektromagneet

In afbeelding 17 zie je hoe een elektromagneet eruitziet. Het is een lange, geïsoleerde koperdraad die rond een ijzeren kern is gewikkeld. Zo'n spiraalvormig gewikkelde koperdraad noem je een **spoel**.

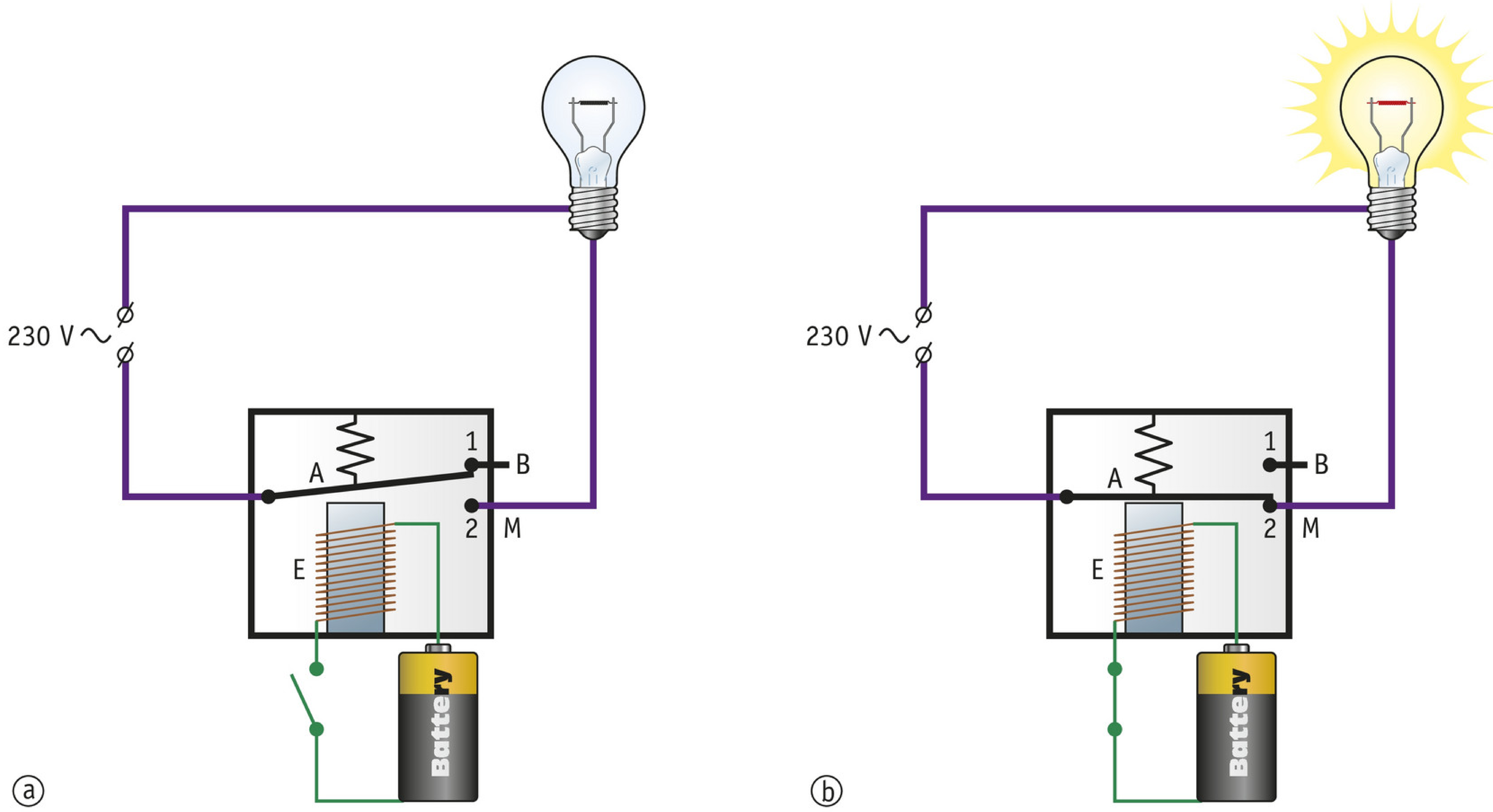
Als je stroom door de spoel laat lopen, wordt hij magnetisch. Net als bij een staafmagneet heb je een **noordpool** aan de ene kant en een **zuidpool** aan de andere kant. Als je de stroomrichting door de spoel omdraait, wisselen de noordpool en de zuidpool van plaats.

Het handige van een elektromagneet is dat je de sterkte van de magnetische kracht kunt regelen. Hoe groter de stroomsterkte door de spoel is, hoe sterker de magneet is. Schakel je de stroom uit, dan verdwijnt de magnetische kracht helemaal. Dat is een groot voordeel in vergelijking met gewone magneten.

De werking van een relais   Proef 6

In afbeelding 18a zie je de stand van het relais als er geen stroom door de spoel loopt. Dan wordt het ijzeren anker (A) door een veer tegen contactpunt 1 getrokken. Dit contactpunt is nergens mee verbonden. De stroomkring is onderbroken. Daarom wordt dit contactpunt ook wel een **breekcontact** (B) genoemd.

Als er wel stroom door de spoel loopt, wordt deze magnetisch. De elektromagneet (E) trekt dan het anker naar zich toe. Daardoor wordt dit tegen contactpunt 2 gedrukt. Dit veroorzaakt het typische 'klik'-geluid van een relais. De stroomkring met de lamp is nu gesloten: de lamp geeft licht (afbeelding 18b). Het anker sluit de stroomkring als het contact maakt met contactpunt 2. Daarom wordt dit contactpunt ook wel **maakcontact** (M) genoemd.



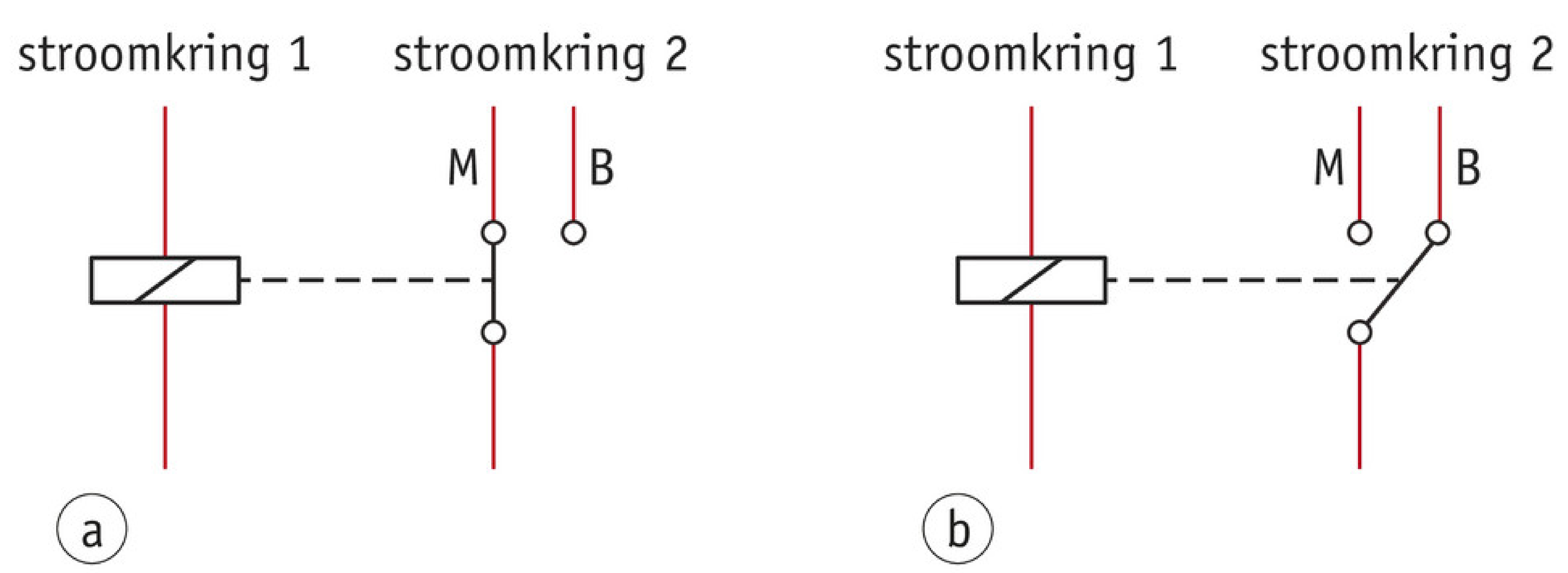
▲ **afbeelding 18**
een relais: schakelen met een elektromagneet

Als de stroom door de spoel weer wordt uitgeschakeld, verliest de spoel zijn magnetische kracht. De veer trekt het anker dan terug. Daardoor wordt de stroomkring verbroken: de lamp gaat uit.

Je ziet dat er twee stroomkringen zijn:
– *De stroomkring van de elektromagneet.* Deze stroomkring is in afbeelding 18 groen getekend. De stroomsterkte in deze stroomkring is niet erg groot. Er is maar een kleine stroom nodig om het relais te laten schakelen.
– *De stroomkring die je wilt bedienen.* Deze stroomkring is in afbeelding 18 paars getekend. De stroomsterkte in deze stroomkring is meestal veel groter dan die in stroomkring 1.

Maakcontact en breekcontact

Zoals je kunt zien aan het schakelsymbool, zitten er twee stroomkringen in een relais (afbeelding 19). De twee aansluitingen die je links ziet, zijn voor het aansluiten van de spoel. Dit is stroomkring 1. Op de aansluitpunten die je rechts ziet, kun je een actuator aansluiten. Dit is stroomkring 2. Het relais kan stroomkring 2 sluiten (a) en verbreken (b).



▶ **afbeelding 19**
het symbool voor een relais (a: als er stroom door de spoel loopt; b: als er geen stroom door de spoel loopt)

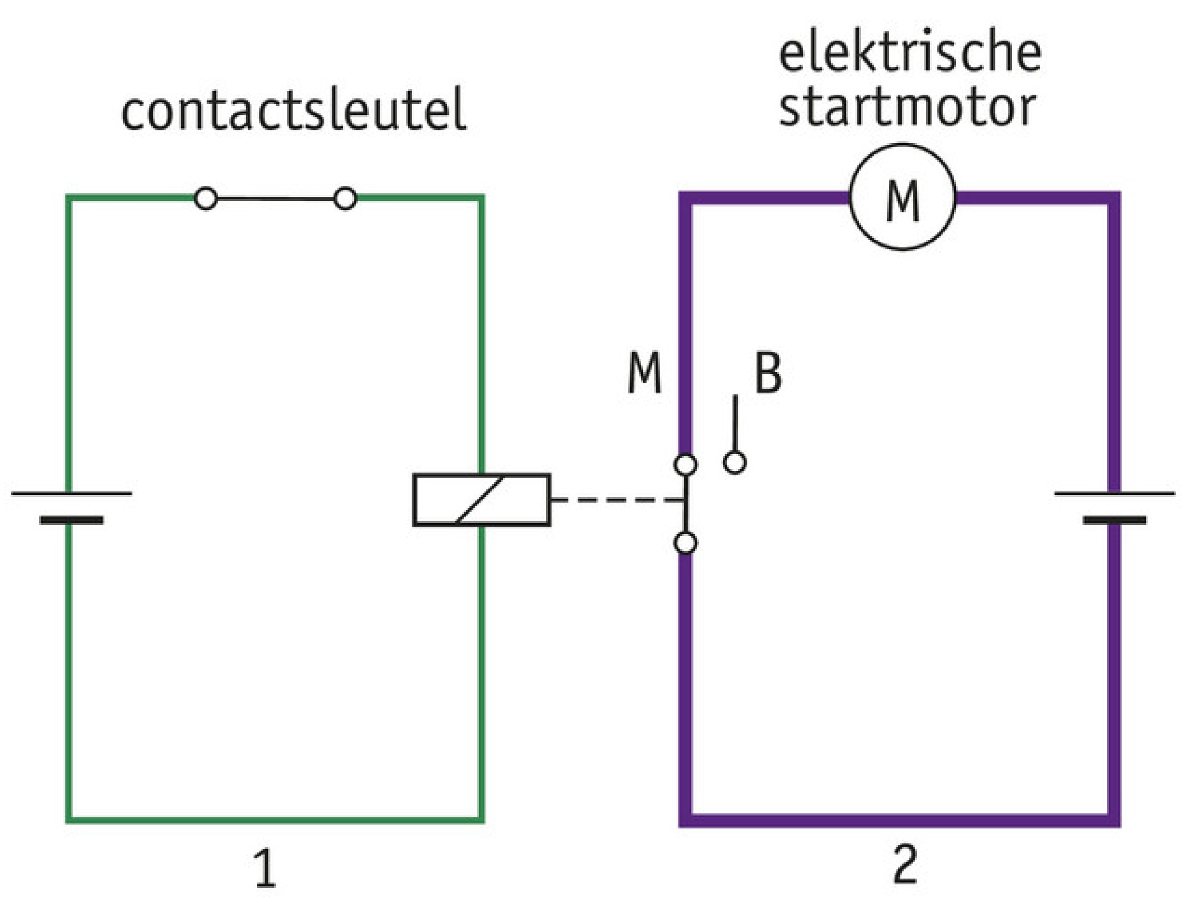
In afbeelding 19a schakelt het relais de stroom door het lampje in. Het relais sluit de stroomkring. Als je de stroom door de spoel inschakelt, gaat de lamp aan. In afbeelding 19b loopt geen stroom door de spoel en het relais schakelt de stroom door de lamp uit. Als je de lamp had aangesloten op het breekcontact, was het omgekeerde gebeurd. Dan was de lamp juist uitgegaan als je de stroom door de spoel had ingeschakeld.

Het hangt van het doel van de schakeling af of je het maakcontact gebruikt of het breekcontact. Soms worden zelfs beide contacten gebruikt in één schakeling.

Schakelen met het maakcontact

De startmotor van een auto wordt bediend met een relais. Daar is een goede reden voor: om de startmotor van een auto te laten draaien, is een grote stroomsterkte nodig. Omdat dunne draden snel zouden doorbranden, heb je dikke kabels nodig tussen de accu en de startmotor. Het relais heeft echter maar een klein stroompje nodig. Daarom hoeven de kabels van het contactslot naar het relais niet dik te zijn. Als het relais dicht bij de startmotor wordt gemonteerd, heb je dus maar een korte dikke kabel nodig.

In afbeelding 20 zie je de schakeling waarmee je de startmotor van een auto kunt aanzetten. In deze schakeling wordt het maakcontact gebruikt. De stroomkring met de startmotor wordt erdoor gesloten.



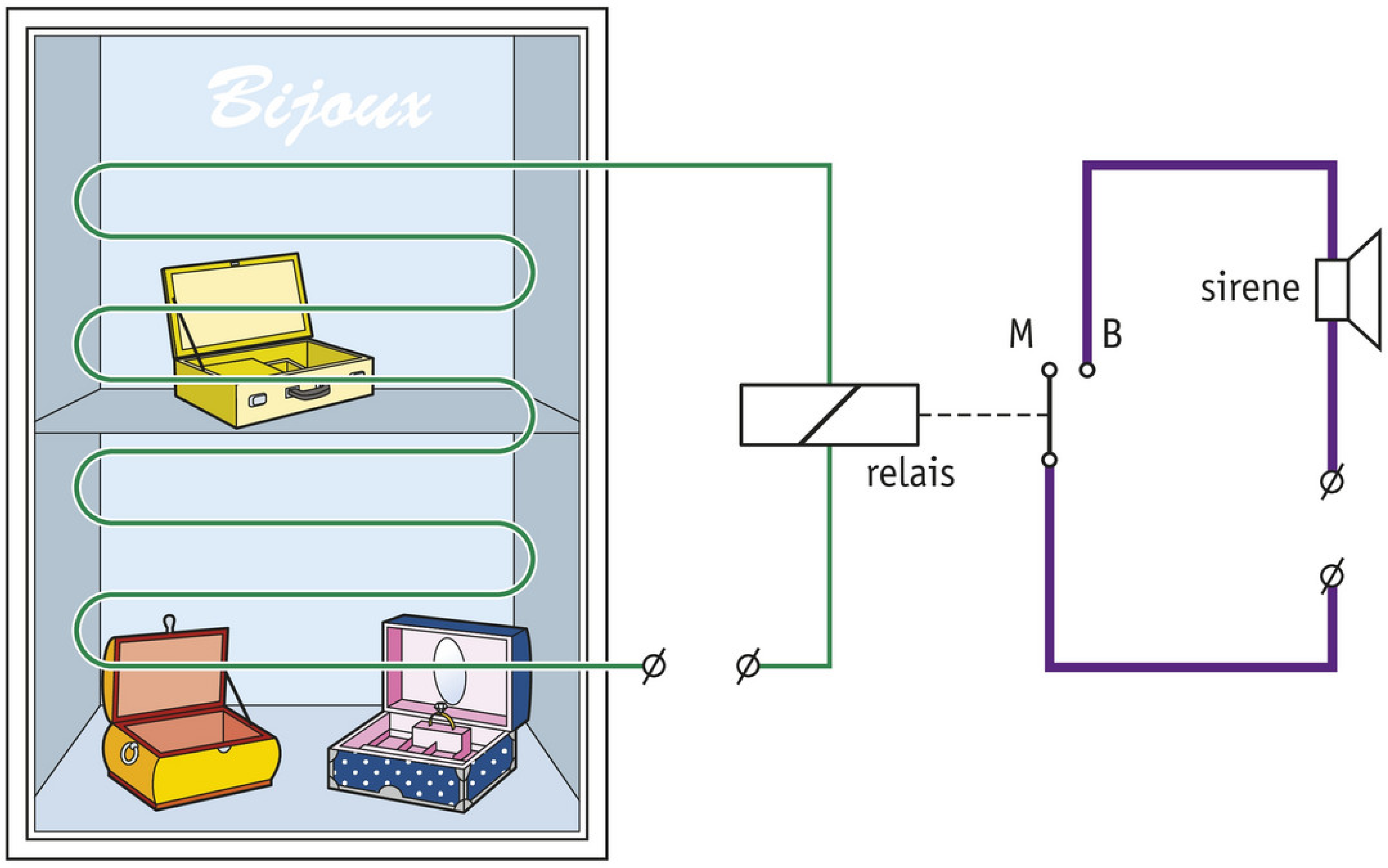
▶ **afbeelding 20**
Zo wordt de startmotor van een auto aangezet.

Als je de contactsleutel omdraait, loopt er een klein stroompje (50 mA) door stroomkring 1. Voor deze stroomkring kunnen gewone, vrij dunne draden worden gebruikt. Het relais sluit, zodat er ook stroom gaat lopen door stroomkring 2. De stroomsterkte in stroomkring 2 is heel groot (100 A). Daarom zijn voor deze stroomkring dikke koperen draden nodig.

De startmotor wordt dus via het relais bediend met een zwakke, ongevaarlijke stroom. Dat is veiliger voor de bestuurder. Bovendien bespaar je op kosten, omdat dikke koperdraden veel duurder zijn dan dunne.

Schakelen met het breekcontact

In afbeelding 21 zie je een schakeling die wordt gebruikt als inbrekersalarm. In deze schakeling wordt het breekcontact gebruikt.



▶ afbeelding 21
Zo wordt de sirene van een inbraakalarm aangezet.

Zo lang de stroomkring door de ruit gesloten blijft, loopt er stroom door de spoel. De elektromagneet trekt in deze situatie het anker naar zich toe. Hierdoor kan er geen stroom via het breekcontact lopen: de sirene staat uit.

Als de draad op de ruit breekt, loopt er geen stroom meer door de spoel. Het anker wordt nu door de veer naar het breekcontact getrokken. De stroom in stroomkring 2 wordt daardoor ingeschakeld: de sirene gaat aan.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

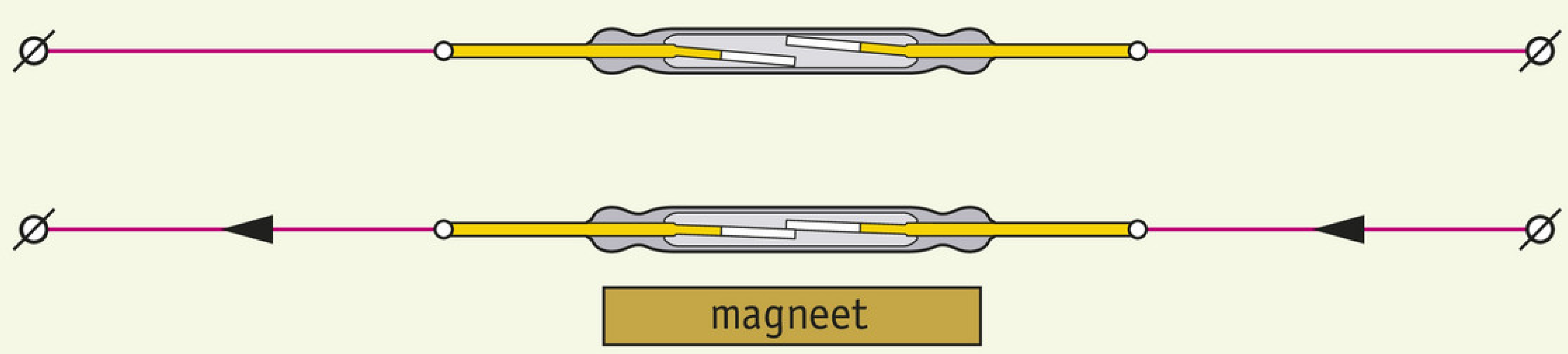
Plus Het reedcontact Proef 7

In automatische schakelingen wordt vaak gebruikgemaakt van reedcontacten. Een **reedcontact** is een schakelaar die reageert op een magneet. Als er een magneet bij het reedcontact wordt gehouden, schakelt hij de stroom in.

In afbeelding 22 zie je hoe dat werkt. Als je een magneet bij het reedcontact houdt, worden twee ijzeren strips tegen elkaar gedrukt. De stroom wordt op die manier ingeschakeld. Als je de magneet verwijdert, veren de strips weer bij elkaar vandaan. De stroom wordt op die manier uitgeschakeld.

Reedcontacten worden vaak gebruikt in eenvoudige alarmsystemen. Het reedcontact wordt dan in een kozijn ingebouwd. In het raam zit een magneetje. Zo lang het raam gesloten blijft, staat het reedcontact op AAN. Opent een inbreker het raam, dan schakelt het reedcontact op UIT en gaat het alarm af.

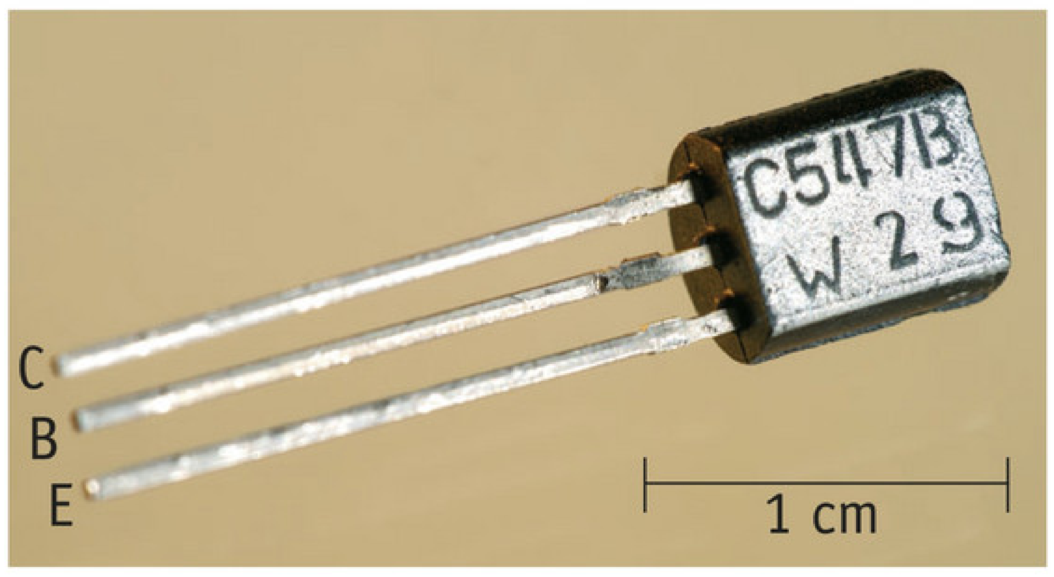
Reedcontacten worden ook gebruikt als magnetische sensor in fietscomputers. Het reedcontact zit in een kunststof omhulsel aan de voorvork. De magneet zit vast aan een van de spaken en gaat bij elke omwenteling vlak langs het reedcontact. Het contact wordt dan even gesloten en geeft een signaal aan de computer. Bij het installeren van de fietscomputer moet je opgeven wat de omvang van het wiel is, zodat de computer precies 'weet' welke afstand tussen twee signalen is afgelegd.



▶ **afbeelding 22**
een reedcontact

4 De transistor

Bij een zware onweersbui overdag gaat soms ineens de straatverlichting aan. Door het onweer wordt het snel donker, waardoor de automatische schakeling van de verlichting reageert alsof het avond is.



▲ **afbeelding 23**
Zo groot (klein) is een transistor.

De transistor als automatische schakelaar

Het relais is niet de enige automatische schakelaar die je in schakelingen kunt tegenkomen. Ook een **transistor** wordt vaak als automatische schakelaar gebruikt. Zo'n transistor heeft dezelfde functie als een relais: automatisch een actuator aan- en uitzetten, bijvoorbeeld een sirene, een lamp of een koelsysteem.

Een transistor heeft verschillende voordelen in vergelijking met een relais. Hij is kleiner dan een relais en ook goedkoper. Ook verbruikt een transistor minder elektrische energie.

Een transistor heeft ook nadelen. Je kunt er niet zulke grote stromen mee schakelen als met een relais. Bovendien biedt een relais extra veiligheid, doordat je twee aparte stroomkringen hebt, elk met een eigen spanningsbron. Bij een transistor is dat niet zo.

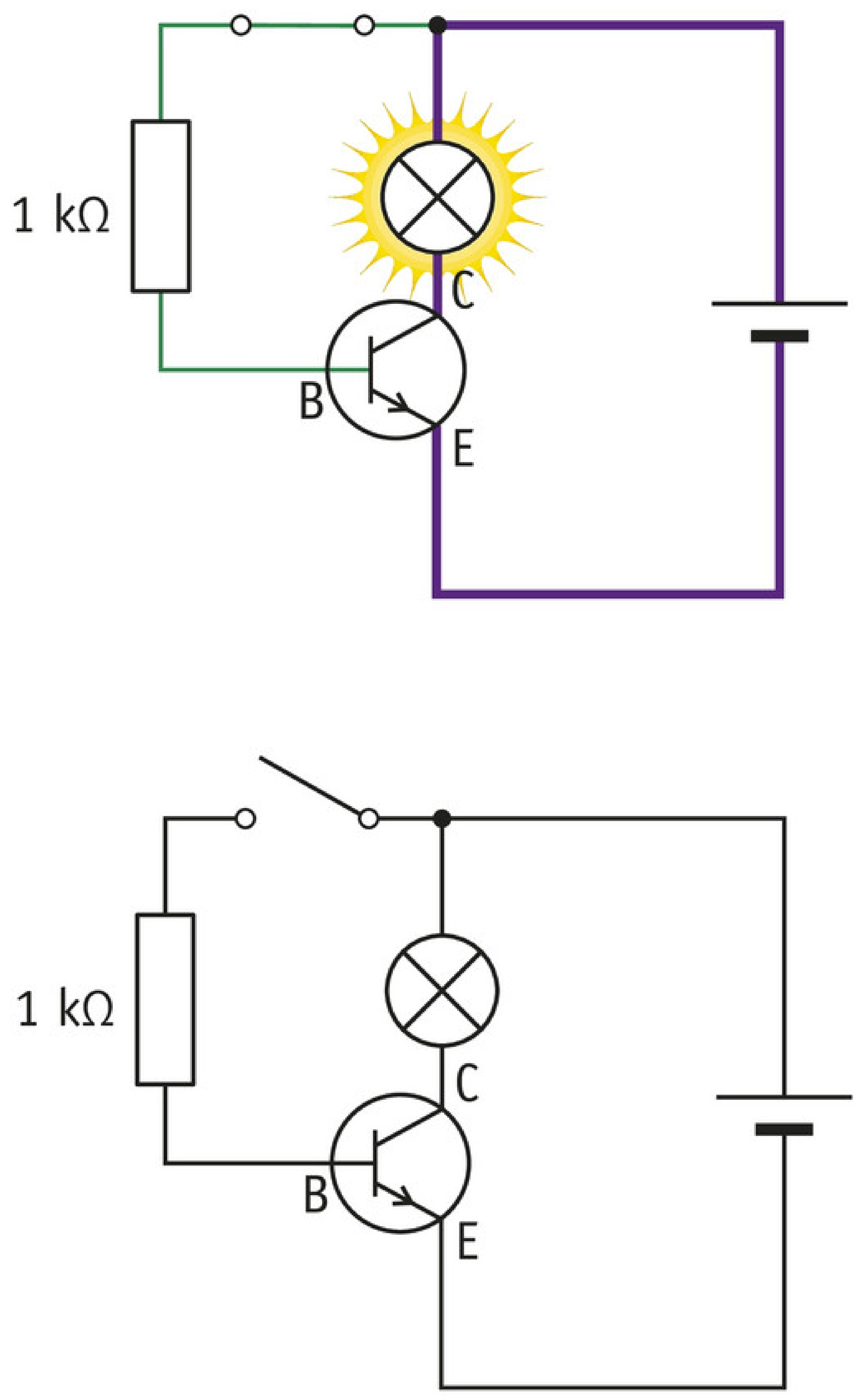
De werking van een transistor

Een transistor heeft drie aansluitpunten (afbeelding 23):
- de **collector** (C);
- de **basis** (B);
- de **emitter** (E).

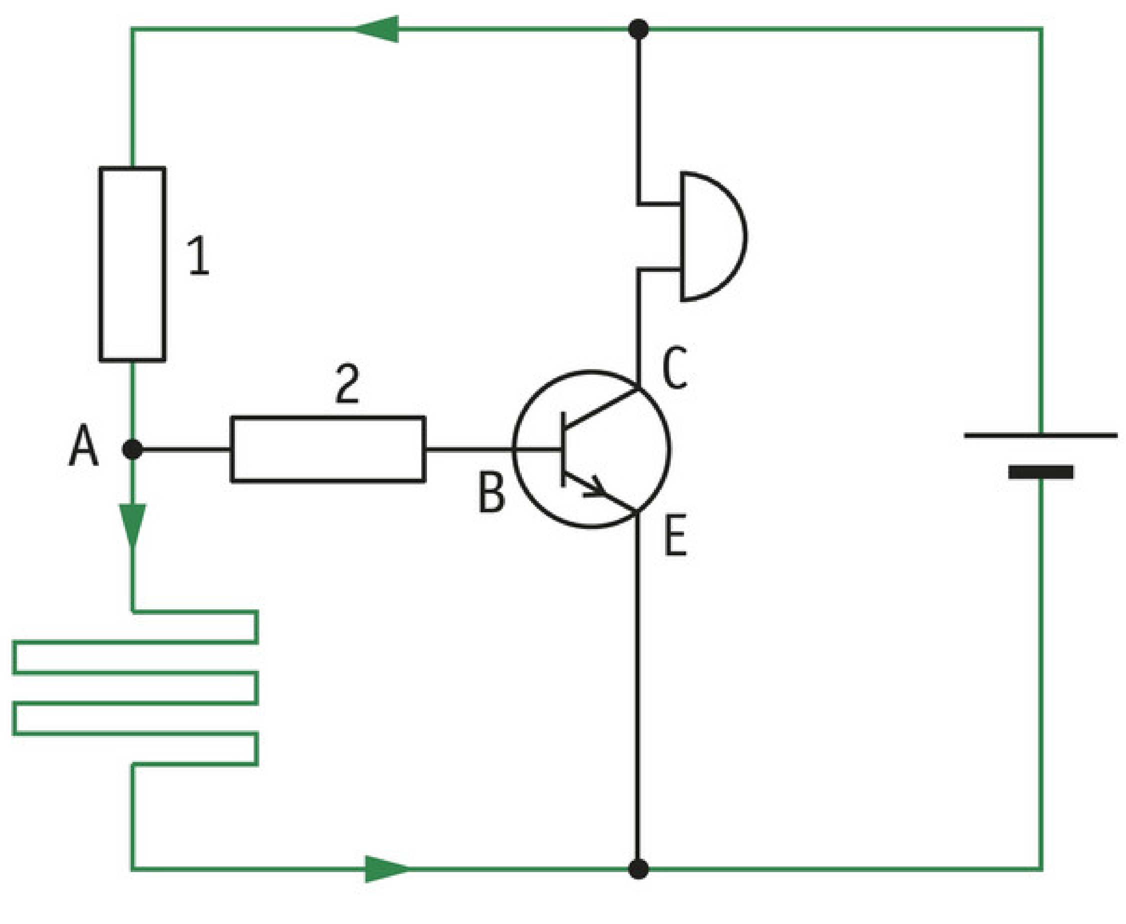
De transistor staat in de aan-stand als er een kleine stroom loopt van de basis (B) naar de emitter (E). Er kan dan een veel grotere stroom lopen van de collector (C) naar de emitter (afbeelding 24).

De transistor staat in de uit-stand als er geen stroom van de basis naar de emitter loopt. Er loopt dan ook geen stroom van de collector naar de emitter.

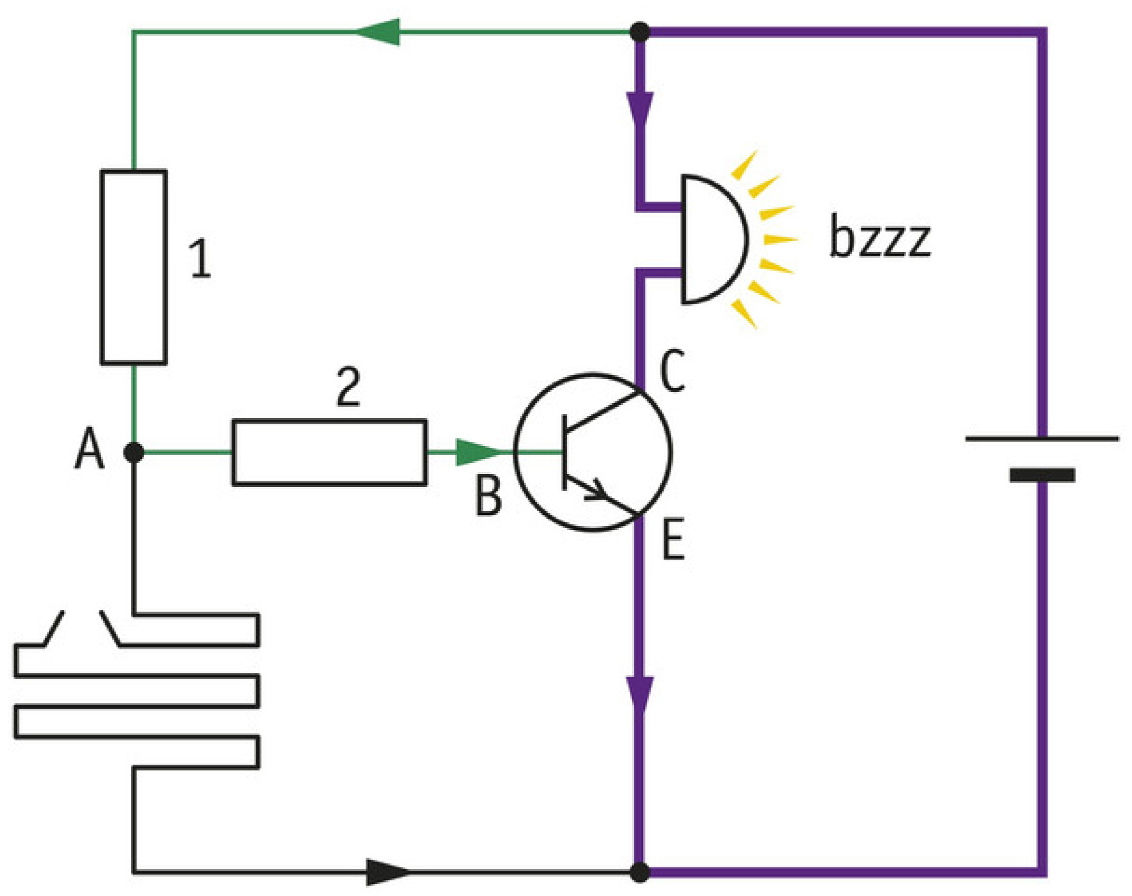
De werking van een transistor lijkt dus veel op die van een relais: je gebruikt een klein 'schakelstroompje' (via B naar E) om een grote 'apparaatstroom' (via C naar E) in en uit te schakelen. Deze twee stromen zijn niet volledig gescheiden, zoals bij een relais: ze komen in E weer bij elkaar.



▲ **afbeelding 24**
Met een kleine stroom kun je een grote stroom in- en uitschakelen.



ⓐ



ⓑ

▲ **afbeelding 25**
een alarminstallatie met een transistor

Schakelen met een transistor Proef 8

In afbeelding 25 zie je, net als in afbeelding 21, een inbrekersalarm met een draad op een ruit. In deze schakeling zit geen relais (zoals in afbeelding 21), maar een transistor. De draad op de ruit wordt gebruikt om de stroom 'af te voeren', zodat die niet via de basis van de transistor loopt.

Je ziet dat de stroom zich bij A in tweeën splitst (afbeelding 25a). Het grootste deel (meer dan 99,9%) loopt via de draad op de ruit terug naar de batterij. Door de basis (die een veel grotere weerstand heeft) loopt nauwelijks stroom. Dit stroompje is zo zwak dat de transistor in de uit-stand blijft. Daardoor loopt er geen stroom van C naar E.

In afbeelding 25b is de draad op de ruit kapotgegaan. De stroom kan nu alleen via de basis teruglopen naar de batterij. De stroom van B naar E is daardoor groot genoeg om de transistor in de aan-stand te schakelen. Er kan nu een flinke stroom van C naar E lopen: de zoemer gaat aan.

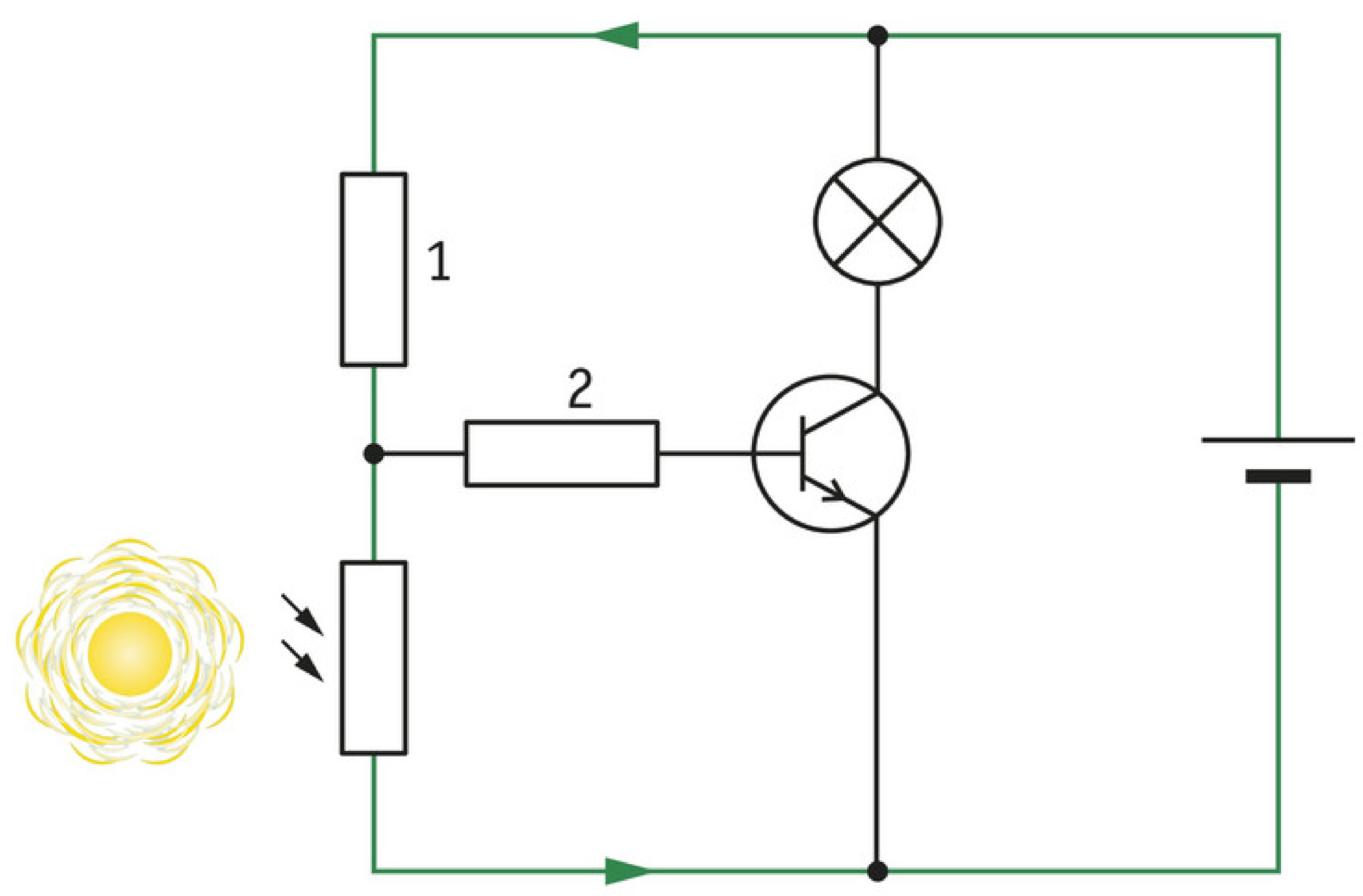
Deze schakeling is niet geschikt om er een zware sirene mee in te schakelen. De stroomsterkte die daarvoor nodig is, is te groot voor een transistor. Maar een zoemer kun je er prima mee bedienen.

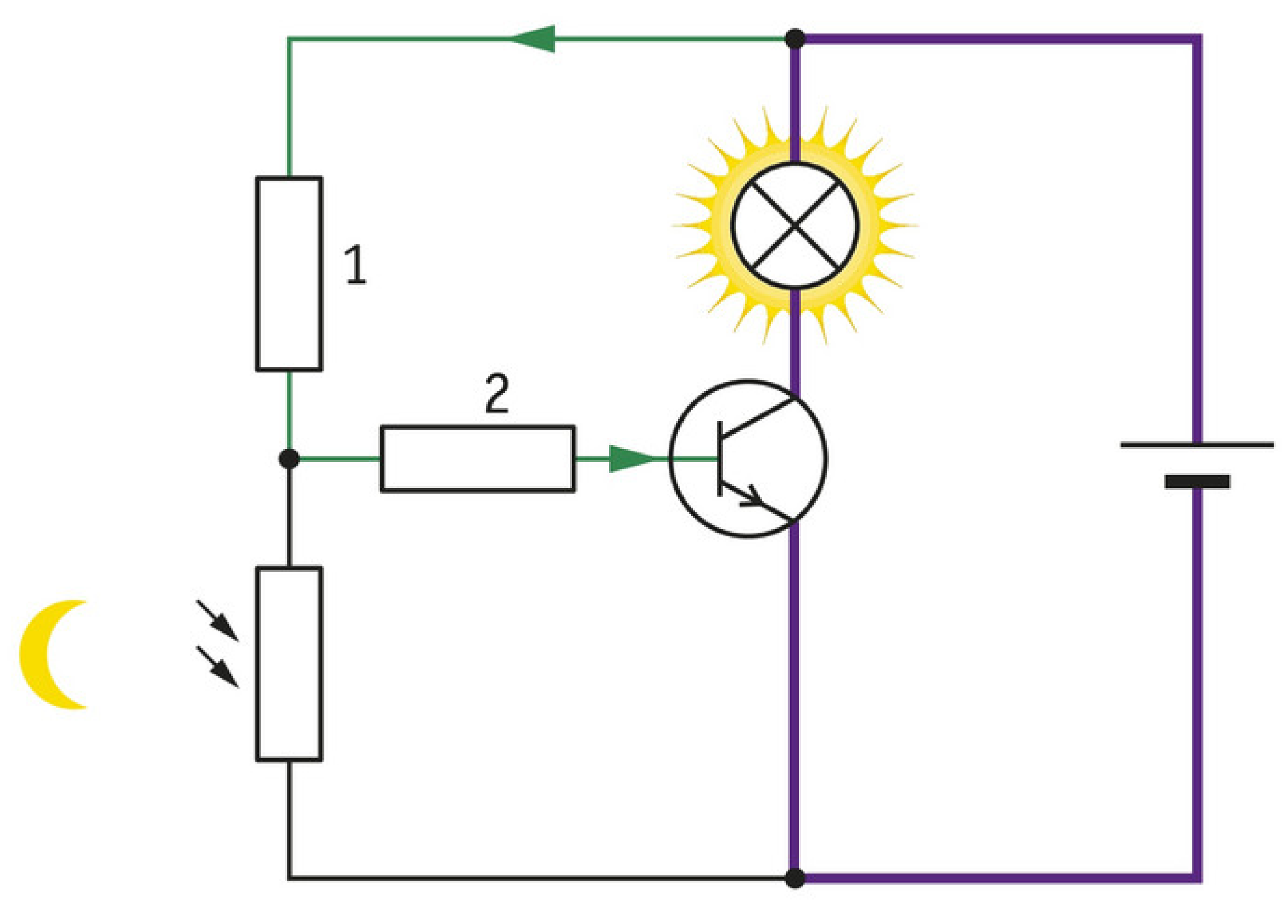
De automatische straatlantaarn Proef 9

Met een transistor kun je ook een automatische straatlantaarn bouwen. In de schakeling van afbeelding 25 hoef je daarvoor maar één ding te veranderen: de draad op de ruit vervangen door een LDR. In afbeelding 26 zie je het resultaat.

Als het licht is, is de weerstand van de LDR klein. Bijna alle stroom loopt dan via de LDR en dus niet via de basis. De transistor blijft in de uit-stand staan: de lamp brandt niet.

Als het donker wordt, neemt de weerstand van de LDR toe. Daardoor gaat er steeds meer stroom door de basis lopen. Als de stroom door de basis groot genoeg is om de transistor in de aan-stand te schakelen, gaat de verlichting aan.





▶ **afbeelding 26**
een automatische straatlantaarn

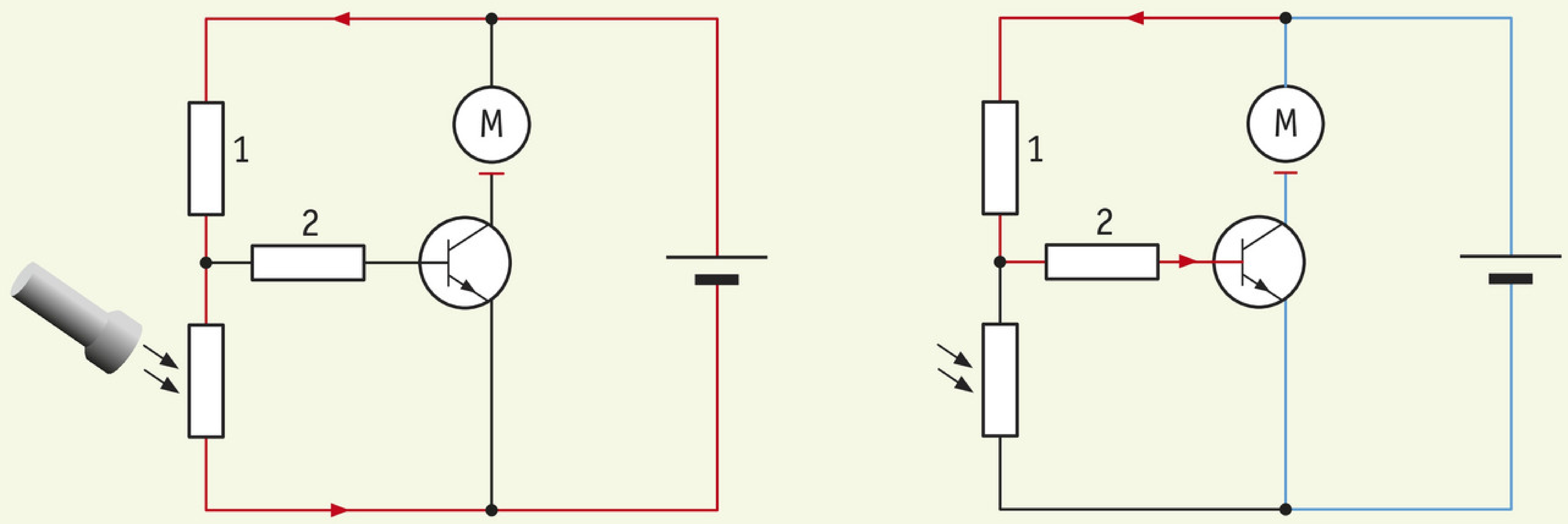
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Een poortje in de supermarkt

Als je met een boodschappenkarretje een supermarkt ingaat, passeer je een poortje dat automatisch opengaat als jij aankomt. Dat wordt geregeld met behulp van een lichtgevoelige sensor. In afbeelding 27 zie je een schakeling waarmee zo'n poortje kan worden bediend.

Het poortje zit midden tussen twee hekken. Als je naar het poortje toe loopt, passeer je een LDR waar licht op valt van een lichtbron. De lichtbron zit in het hek aan de kant recht tegenover de LDR. Door het licht dat op de LDR valt, is de weerstand heel klein. Er loopt dus vrijwel geen stroom door de basis van de transistor. Die staat in de uit-stand en het poortje is gesloten.

Als jij de lichtstraal onderbreekt door erdoorheen te lopen, wordt de weerstand van de LDR heel groot. Er loopt dan een stroom door de basis van de transistor. Daardoor loopt er ook een stroom door de elektromotor M die het poortje opent (afbeelding 28).

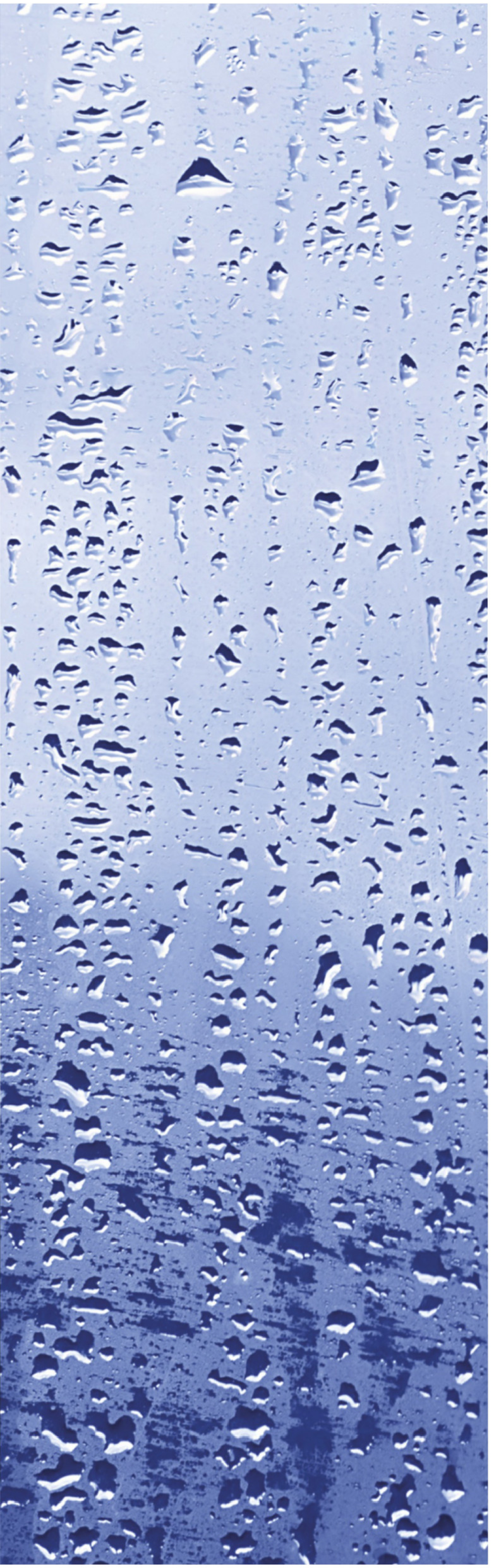


▶ **afbeelding 27**
een schakeling om een poortje automatisch open te laten gaan als er iemand door moet



▲ **afbeelding 28**
Het poortje gaat open.





7 Materie

Het model van een stof

In de natuur- en scheikunde is het deeltjesmodel erg belangrijk. In dit model bestaan stoffen uit kleine deeltjes die bewegen en tegen elkaar botsen. Zo kan water in drie verschillende fasen voorkomen: vast, vloeibaar en gasvormig. In die drie fasen gedragen de deeltjes zich verschillend.

1 Het deeltjesmodel

Een stapel sinaasappels heeft een kenmerkende, vaste structuur. Deze structuur vind je ook terug als je een suikerkorrel goed bekijkt.

Een model van een stof

Scheikundigen hebben ontdekt dat stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes die **moleculen** worden genoemd. Elke stof heeft zijn eigen soort moleculen. In suiker vind je andere moleculen dan in water. Water bestaat uit watermoleculen, suiker bestaat suikermoleculen, koolstofdioxide bestaat uit koolstofdioxidemoleculen, enzovoort.

Je kunt niet zien hoe de moleculen van een stof zich gedragen. Je kunt wel proberen om je dat voor te stellen. Je probeert dan voor je te zien wat moleculen doen en hoe ze elkaar beïnvloeden. Zo kun je je een beeld vormen van wat een stof is. Zo'n beeld noem je ook wel een 'model'.

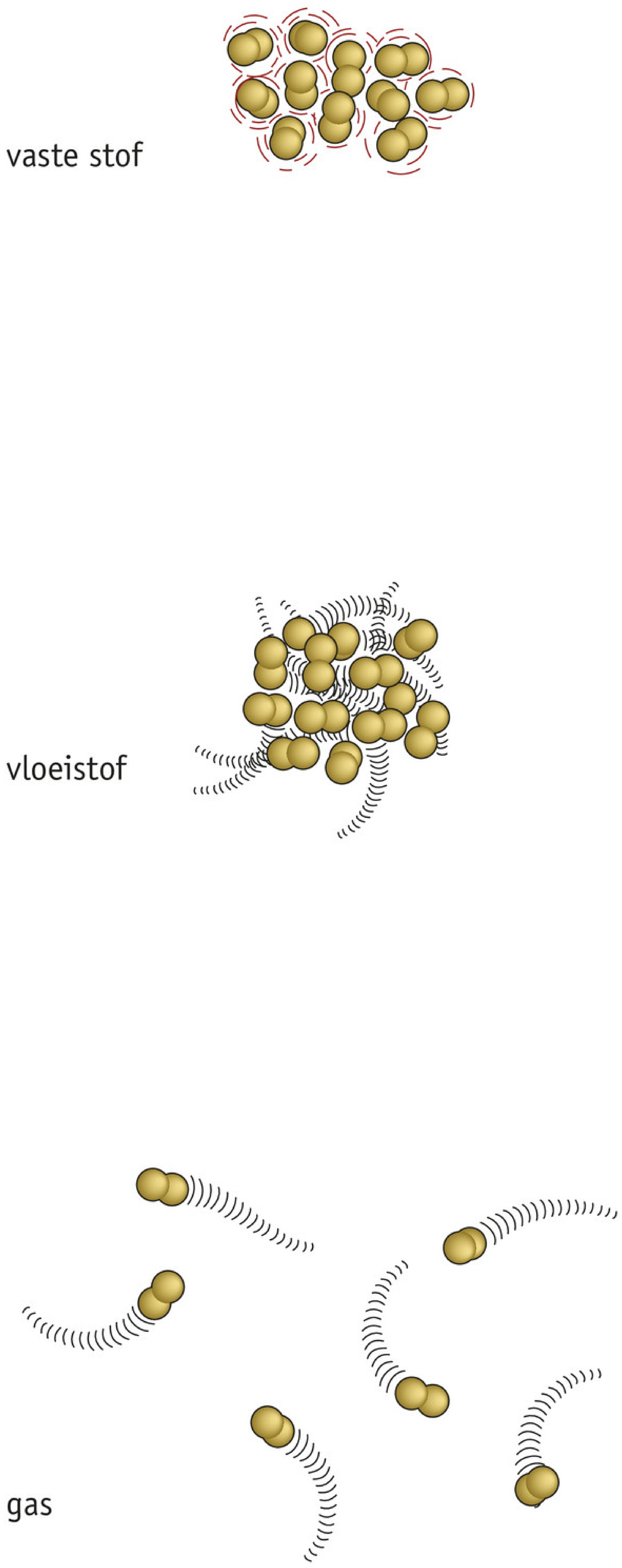
In de natuurkunde wordt vaak gebruikgemaakt van het **deeltjesmodel**. In dit model worden moleculen voorgesteld als deeltjes met de volgende eigenschappen:

- *De moleculen van een stof veranderen niet.*
  Of een stof nu vast, vloeibaar of gasvormig is, je hebt steeds dezelfde moleculen. Ook al verandert de fase, de moleculen zelf veranderen niet.
- *De moleculen van een stof bewegen voortdurend.*
  Moleculen zijn onophoudelijk in beweging. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller ze gaan bewegen.
- *De moleculen van een stof trekken elkaar aan.*
  De aantrekkingskracht wordt sterker als de moleculen dichter bij elkaar komen. De kracht wordt zwakker als ze bij elkaar vandaan bewegen.

Met dit deeltjesmodel kun je allerlei eigenschappen van stoffen verklaren. Het is daarom een populair model. Je zou bijna vergeten dat het maar een model is: een sterk vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid.

Fasen en fase-overgangen Proef 1

Met het deeltjesmodel van een stof kun je je de fasen en de fase-overgangen als volgt voorstellen (afbeelding 1):



▲ **afbeelding 1**
de fasen in het deeltjesmodel

Vaste stof
In een vaste stof hebben alle moleculen een eigen, vaste plaats. De moleculen bewegen op die vaste plaats heel snel heen en weer: ze zijn voortdurend in trilling. De afstand tussen de moleculen is klein en de onderlinge aantrekkingskracht is groot.

Als de temperatuur stijgt, gaan de moleculen heviger trillen. De afstand tussen de moleculen wordt dan groter (de stof zet uit). Hierdoor neemt de onderlinge aantrekkingskracht af. Bij een bepaalde temperatuur (het smeltpunt) is de aantrekkingskracht te klein om de moleculen op hun vaste plaats te houden; de stof smelt dan en wordt vloeibaar.

Vloeistof
De moleculen in een vloeistof bewegen langs en door elkaar heen; ze hebben geen vaste plaats meer. De onderlinge aantrekkingskracht is kleiner dan wanneer de stof vast is. Toch is die kracht nog wel groot genoeg om de moleculen bij elkaar te houden.

Aan het vloeistofoppervlak ontsnappen regelmatig moleculen uit de vloeistof. Dat betekent dat de vloeistof langzaam verdampt. Hoe hoger de temperatuur, hoe groter de snelheid van de moleculen is en hoe gemakkelijker ze uit de vloeistof zullen ontsnappen.

Gas
De moleculen van een gas bewegen los van elkaar door de ruimte waar het gas in zit. De afstand tussen de moleculen is erg groot en de onderlinge aantrekkingskracht is erg klein.

Een gas kun je gemakkelijk samenpersen. Dat komt doordat er bij een gas zo veel lege ruimte tussen de moleculen zit. Daardoor kost het weinig moeite het volume kleiner te maken. Er blijft genoeg ruimte over voor de moleculen.

Bij vaste stoffen en vloeistoffen is dat anders. Daarin zitten de moleculen al erg dicht op elkaar, met weinig tussenruimte. Vaste stoffen en vloeistoffen kun je niet of nauwelijks samenpersen.

Bij fase-overgangen verandert de afstand tussen de moleculen en de manier waarop moleculen bewegen. De moleculen zelf veranderen niet. Je kunt moleculen wel veranderen, maar daarvoor is een chemische reactie nodig.

Chemische reactie

Een ander woord voor scheikunde is chemie. In de chemie gaat het vaak over reacties. Bij een fase-overgang veranderen de moleculen niet, bij een **chemische reactie** gebeurt dit juist wel. Een voorbeeld van een chemische reactie is de verbranding van aardgas. Bij verbranding wordt zuurstof verbruikt. Uit aardgas en zuurstof worden twee nieuwe stoffen gevormd: water en koolstofdioxide. Aardgas en zuurstof zijn de **beginstoffen**; water en koolstofdioxide zijn de **reactieproducten**.

Een chemische reactie kun je schematisch opschrijven als:

beginstoffen → reactieproducten

Dit noem je een **reactieschema**. Het reactieschema van de verbranding van aardgas wordt dan:

aardgas + zuurstof → water + koolstofdioxide

Aardgas en zuurstof zijn bij de reactie veranderd in koolstofdioxide en water. Uit het gevormde water en koolstofdioxide kun je geen aardgas meer maken. De verandering is onomkeerbaar. Scheikunde gaat over **onomkeerbare veranderingen**, terwijl natuurkunde over **omkeerbare veranderingen** gaat.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Kristallen

Veel vaste stoffen vormen **kristallen**. Kristallen hebben een regelmatige structuur die kenmerkend is voor de stof waarvan ze zijn gemaakt (afbeelding 2). Suikerkristallen zien er bijvoorbeeld anders uit dan zoutkristallen.

Dat kristallen een vaste structuur hebben, kun je verklaren met het deeltjesmodel. Omdat de moleculen van een stof allemaal gelijk zijn, kunnen ze op een regelmatige manier worden 'gestapeld', net als sinaasappels in een supermarkt. Zo ontstaat een **kristalrooster** waarin elk molecuul een vaste plaats heeft. De onderlinge aantrekkingskracht tussen de moleculen zorgt ervoor dat ze stevig aan elkaar vast blijven zitten.

Kristallen kunnen microscopisch klein zijn, maar ook centimeters groot. Een brok kandijsuiker bestaat uit grote kristallen die aan elkaar zijn vastgegroeid. De kristalstructuur is dan ook met het blote oog goed waarneembaar.

▼ **afbeelding 2**
een kristal van de stof vloeispaat (calciumdifluoride)



2 Temperatuur en het deeltjesmodel

De linkervoorband van Richards auto is een beetje zacht geworden. Hij gaat naar een benzinestation om de band op te pompen. Om ongelukken te voorkomen, moet hij tijdens het oppompen goed op de drukmeter blijven kijken.

Gasdruk

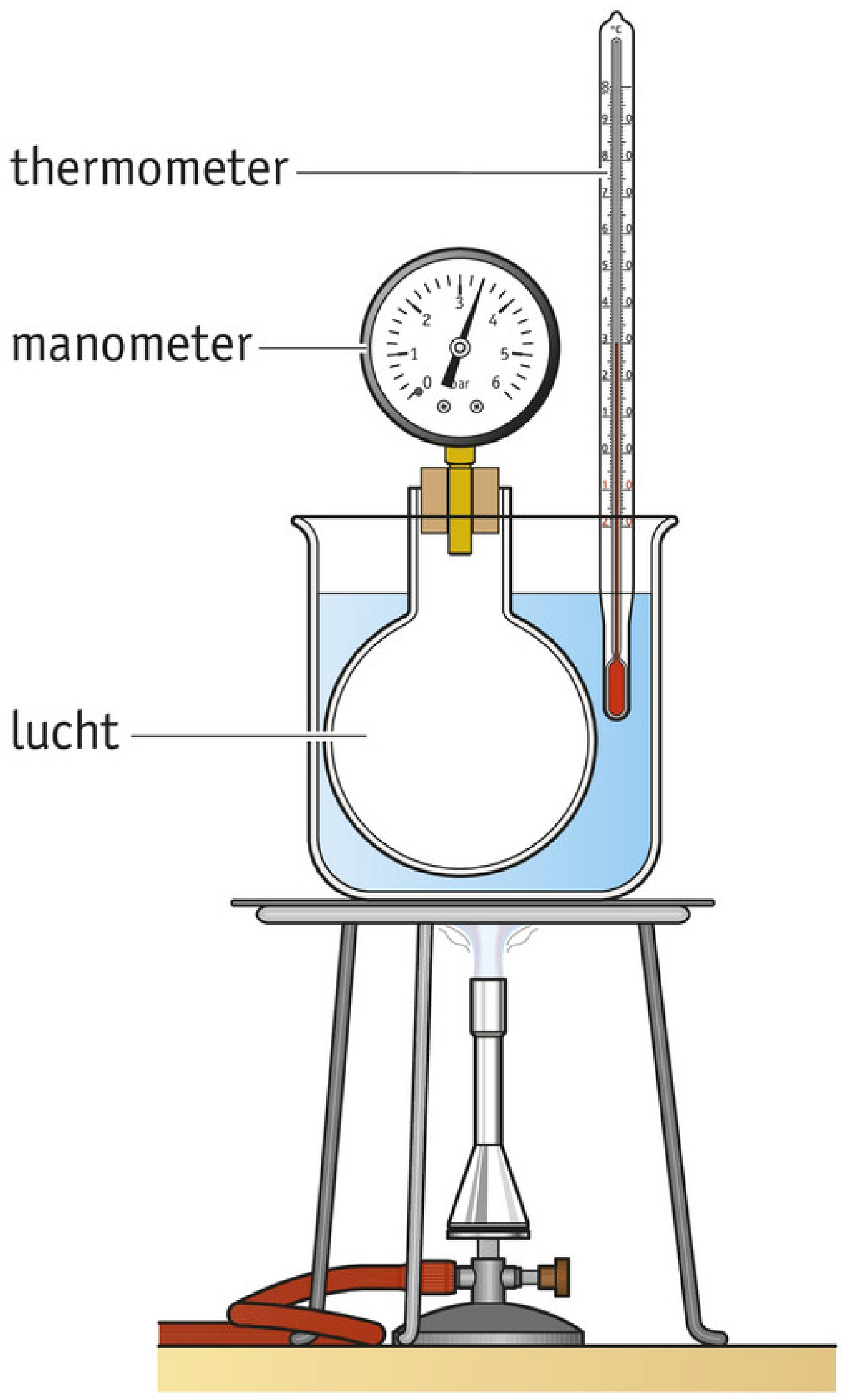
In een gas bewegen de moleculen met grote snelheid alle kanten op. Als je een gas opsluit in een afgesloten ruimte, zoals een gasfles of een autoband, bewegen de moleculen kriskras de hele ruimte door. Voortdurend botsen er enorme aantallen moleculen tegen de wanden van de ruimte.

Al die botsingen bij elkaar zorgen samen voor een constante druk op de wanden. Die druk noem je de **gasdruk**. Bij een autoband drukt het gas (= de lucht in de band) tegen de binnenkant van de band en zorgt zo voor voldoende stevigheid.

Hoe meer gasmoleculen je in een ruimte perst, hoe hoger de gasdruk wordt. Dat merk je als je een autoband oppompt (afbeelding 3). Op de manometer kun je zien dat de gasdruk in de band steeds verder stijgt. De band wordt ook steeds harder. Als de druk hoog genoeg is, stop je met pompen. Anders kan de band klappen.



▶ **afbeelding 3**
een autoband oppompen



▲ **afbeelding 4**
een proef met lucht in een afgesloten ruimte

Gasdruk en temperatuur

Als de temperatuur van een gas stijgt, gaan de moleculen steeds sneller bewegen. De moleculen botsen daardoor vaker en met een grotere snelheid tegen de wanden. Het gevolg is dat de gasdruk toeneemt. Bij een brand kan de druk in een gasfles zó hoog oplopen dat de fles explodeert.

Met de opstelling in afbeelding 4 kun je het verband meten tussen de temperatuur en de gasdruk. Met de manometer meet je de druk van de lucht in de kolf. Met de thermometer meet je de temperatuur.

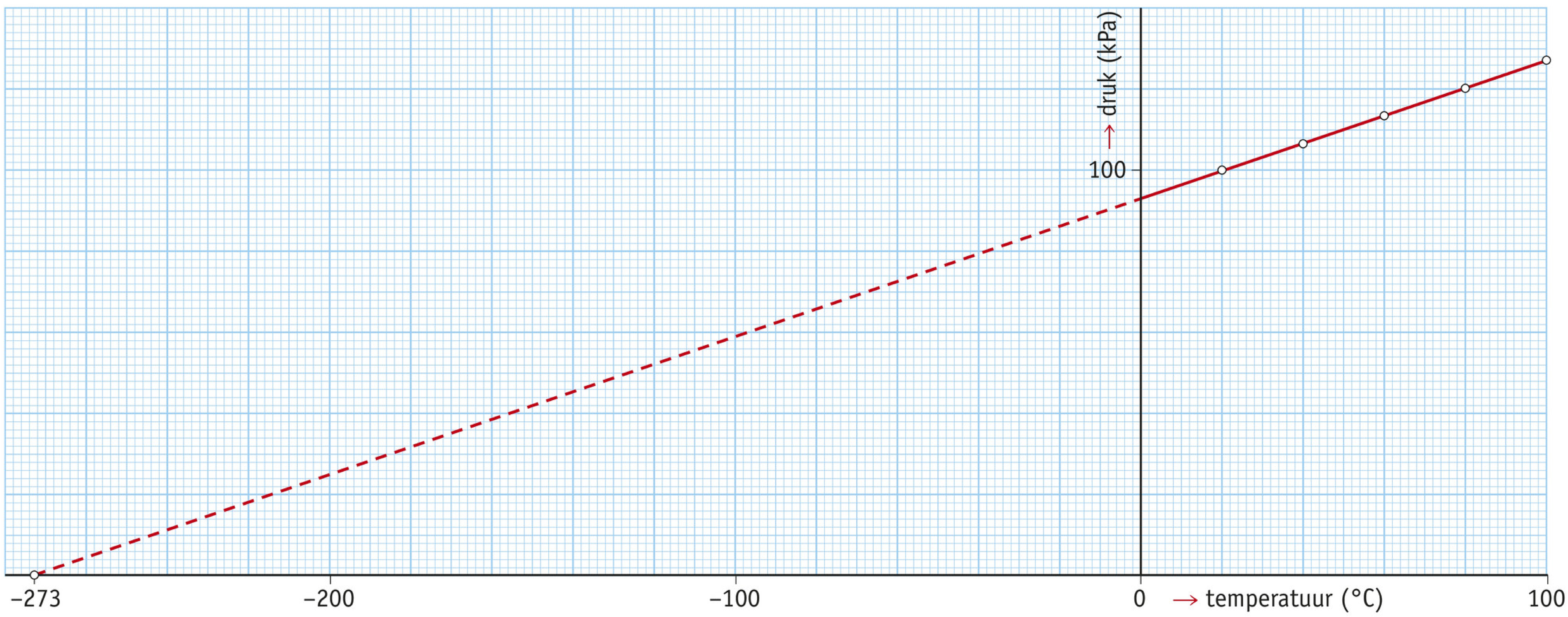
Het absolute nulpunt

Met het deeltjesmodel kun je uitleggen hoe de beweging van de moleculen verandert als de temperatuur steeds lager wordt. Je weet al dat de temperatuur te maken heeft met de beweging van de moleculen: hoe lager de temperatuur, hoe lager de (gemiddelde) snelheid van de moleculen.

Als je ver genoeg afkoelt, bewegen de moleculen helemaal niet meer. De temperatuur waarbij de moleculen niet meer bewegen, noem je het **absolute nulpunt**. Bij een temperatuur van −273 °C is die laagst mogelijke temperatuur bereikt. Het is niet mogelijk om een stof af te koelen tot beneden het absolute nulpunt.

Een temperatuur van −273 °C kun je je moeilijk voorstellen. Zelfs op de koudste plaatsen op aarde blijft de temperatuur hier ver boven. De laagste temperatuur die weerkundigen ooit hebben gemeten, is −89 °C. Dat is altijd nog 184 °C boven het absolute nulpunt. Alleen in laboratoria kun je met slimme technieken de temperatuur laten dalen tot bijna het absolute nulpunt.

▼ **afbeelding 5**
het verband tussen de temperatuur en de gasdruk

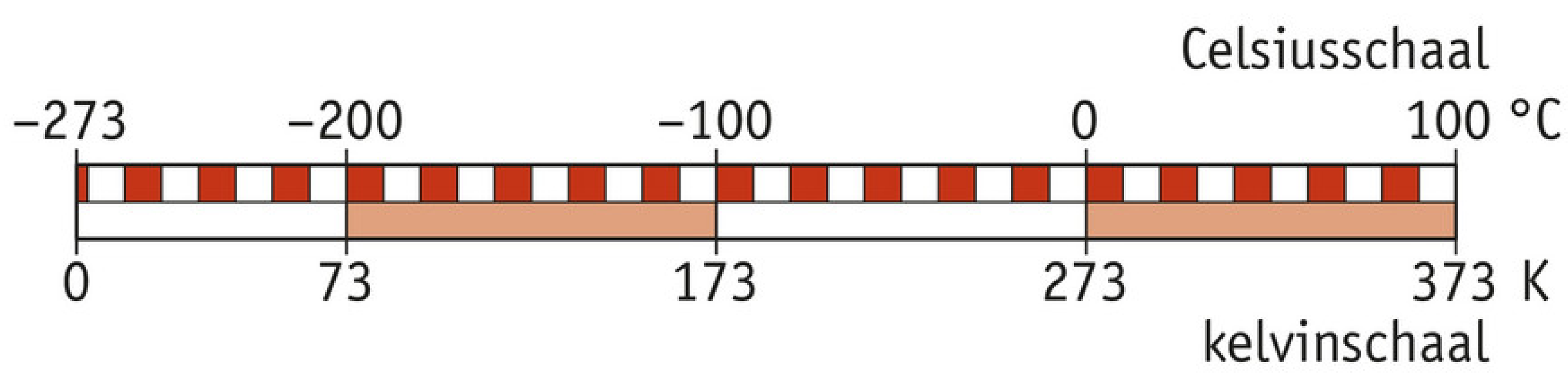


De druk die een gas uitoefent, ontstaat doordat moleculen tegen een wand botsen. Als de temperatuur afneemt, gaan de moleculen langzamer bewegen. Daardoor botsen ze minder hard tegen de wand. De druk neemt dus af als de temperatuur afneemt (afbeelding 5). Bij het absolute nulpunt bewegen moleculen helemaal niet meer. Ze kunnen dan niet meer tegen de wand botsen. Bij −273 °C is de gasdruk dan ook 0 kPa.

De kelvinschaal

In hoofdstuk 4 heb je gezien dat bij het meten van temperatuur in de natuurkunde vaak de kelvinschaal wordt gebruikt. Deze temperatuurschaal lijkt veel op de schaal van Celsius. De graden zijn precies even groot. De kelvinschaal heeft alleen een ander nulpunt: niet het smeltpunt van water, zoals bij de Celsiusschaal, maar het absolute nulpunt. Een temperatuur van −273 °C komt dus overeen met 0 K.

Om de temperatuur in kelvin (K) te vinden, moet je 273 optellen bij de temperatuur in graden Celsius. Het absolute nulpunt (−273 °C) is 0 K. Dat betekent dat 0 °C overeenkomt met 273 K, en 100 °C met 373 K. Om van kelvin terug te rekenen naar graden Celsius, moet je 273 van de temperatuur in kelvin aftrekken (afbeelding 6).



▶ afbeelding 6
de temperatuurschalen in graden Celsius en in kelvin

Voorbeeld
In Binas staat dat het kookpunt van alcohol (ethanol) 351 K is. Hoeveel graden Celsius is dat?

Het kookpunt van alcohol is: 351 − 273 = 78 °C.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Cohesie en adhesie

Moleculen van dezelfde stof trekken elkaar aan. Dat heet **cohesie**. Moleculen van twee verschillende stoffen trekken elkaar ook aan. Dat heet **adhesie**. Cohesie zorgt ervoor dat een waterdruppel een bolvorm aanneemt. Adhesie zorgt ervoor dat een waterdruppel aan een kraan blijft hangen (afbeelding 7).

Als je een suikerklontje met één uiteinde in het water houdt, zuigt het zich vol met water. Dat komt doordat de adhesie (tussen suiker- en watermoleculen) veel groter is dan de cohesie (tussen de watermoleculen onderling). Daardoor kruipt water snel in de kleine openingen tussen de suikerkorrels.

Bij materialen die water absorberen, zoals keukenpapier en katoen, is de adhesie groter dan de cohesie in het water. Bij andere stoffen is dat precies omgekeerd. Waterdruppels bijvoorbeeld blijven op een vettig oppervlak liggen, omdat vet- en watermoleculen elkaar niet aantrekken: er is geen adhesie, alleen cohesie.



▶ **afbeelding 7**
een druppelende kraan: een mooi voorbeeld van cohesie en adhesie

3 Stoffen scheiden

Als je kraanwater laat verdampen, houd je een wit poeder over. Op dezelfde manier kun je zout uit zeewater halen.



▲ **afbeelding 8**
indampen

Stoffen gebruiken

Bij je dagelijkse bezigheden gebruik je verschillende stoffen. Bij het maken van thee of koffie gebruik je water. Je ademt lucht in en uit. Of je nu een cake bakt, de afwas doet of op je scooter rijdt, zonder de juiste stoffen gaat het niet. Er zijn allerlei bedrijven die stoffen leveren: een pak suiker koop je bij de supermarkt, water komt van een waterbedrijf, benzine tank je bij een benzinestation, enzovoort.

Veel van de stoffen die je nodig hebt, komen uit de natuur. Meestal vind je ze daar niet in zuivere vorm, maar in een **mengsel**. Daardoor kun je die stoffen niet zomaar gebruiken. Eerst moet je ze scheiden van de stoffen die je niet nodig hebt. Alleen goud en diamant komen in zuivere vorm in de natuur voor.

Stoffen scheiden Proef 2

In de scheikunde (het woord zegt het al) zijn allerlei manieren bedacht om stoffen van elkaar te scheiden. Drie van die **scheidingsmethoden** zijn: extraheren, filtreren en indampen. Welke scheidingsmethode je gebruikt, hangt af van de stoffen die in het mengsel aanwezig zijn.



▲ **afbeelding 9**
filtreren

Zeewater is een oplossing van zout in water. Als je het water laat verdampen, houd je zout over. Deze scheidingsmethode noem je **indampen**. Indampen is een manier om een opgeloste stof te scheiden van een oplosmiddel. Je verhit de oplossing zodat het oplosmiddel verdampt. De opgeloste stof blijft achter als vaste stof (afbeelding 8).

Als je een mengsel van zand en water door een filter laat lopen, blijft het zand in het filter achter. Door **filtreren** kun je een vaste stof scheiden van een vloeistof. Je giet het mengsel voorzichtig in een filter. De vloeistof gaat door het filter heen, de vaste stof blijft in het filter achter (afbeelding 9).



▲ **afbeelding 10**
extraheren

Ook een mengsel van vaste stoffen, zoals gemalen koffie, kun je scheiden. Als je heet water bij koffiepoeder giet, lossen sommige stoffen op in het water. De stoffen die niet oplossen, blijven achter als vaste stof. Deze scheidingsmethode noem je **extraheren**. Door extraheren kun je oplosbare stoffen scheiden van niet-oplosbare stoffen.

Bij extraheren is het de kunst om het juiste oplosmiddel te vinden. Je moet je oplosmiddel zó kiezen dat de ene vaste stof uit het mengsel wel oplost en de andere niet. Het oplosmiddel doe je bij het mengsel. Na goed roeren is de ene stof opgelost in het oplosmiddel, de andere niet (afbeelding 10).

Vaak worden deze scheidingsmethoden na elkaar toegepast. Eerst extraheer je de oplosbare stof met een geschikt oplosmiddel. Dan filtreer je de oplossing om de onoplosbare stof te verwijderen. Ten slotte damp je de oplossing in, zodat je de oplosbare stof overhoudt.

Zuiveren

Scheidingsmethoden worden niet alleen gebruikt in het laboratorium (afbeelding 11). Ze worden ook toegepast om stoffen te **zuiveren** die je elke dag gebruikt. Een goed voorbeeld is het zuiveren van suiker in een suikerfabriek. De suikerbieten die in zo'n fabriek worden verwerkt, bestaan voor 15 tot 20% uit suiker. Stap voor stap wordt de suiker gescheiden van de andere stoffen in de bieten. Ten slotte blijven er witte kristallen over die voor meer dan 99% uit suiker bestaan.



BEROEPENORIËNTATIE

Laborant

Een grote fabriek bouwen kost honderden miljoenen euro's. Daarom wordt in het laboratorium eerst geprobeerd of het proces wel goed werkt, voordat de hele fabriek gebouwd wordt. In kleine opstellingen bekijken procestechnologen op welke manier ze het beste product kunnen maken.
Als laborant bedien je de proefopstelling. Je maakt verslagen van de proeven die je doet. Op basis van de resultaten bedenk je samen met de procestechnologen hoe de fabriek het best gebouwd kan worden.

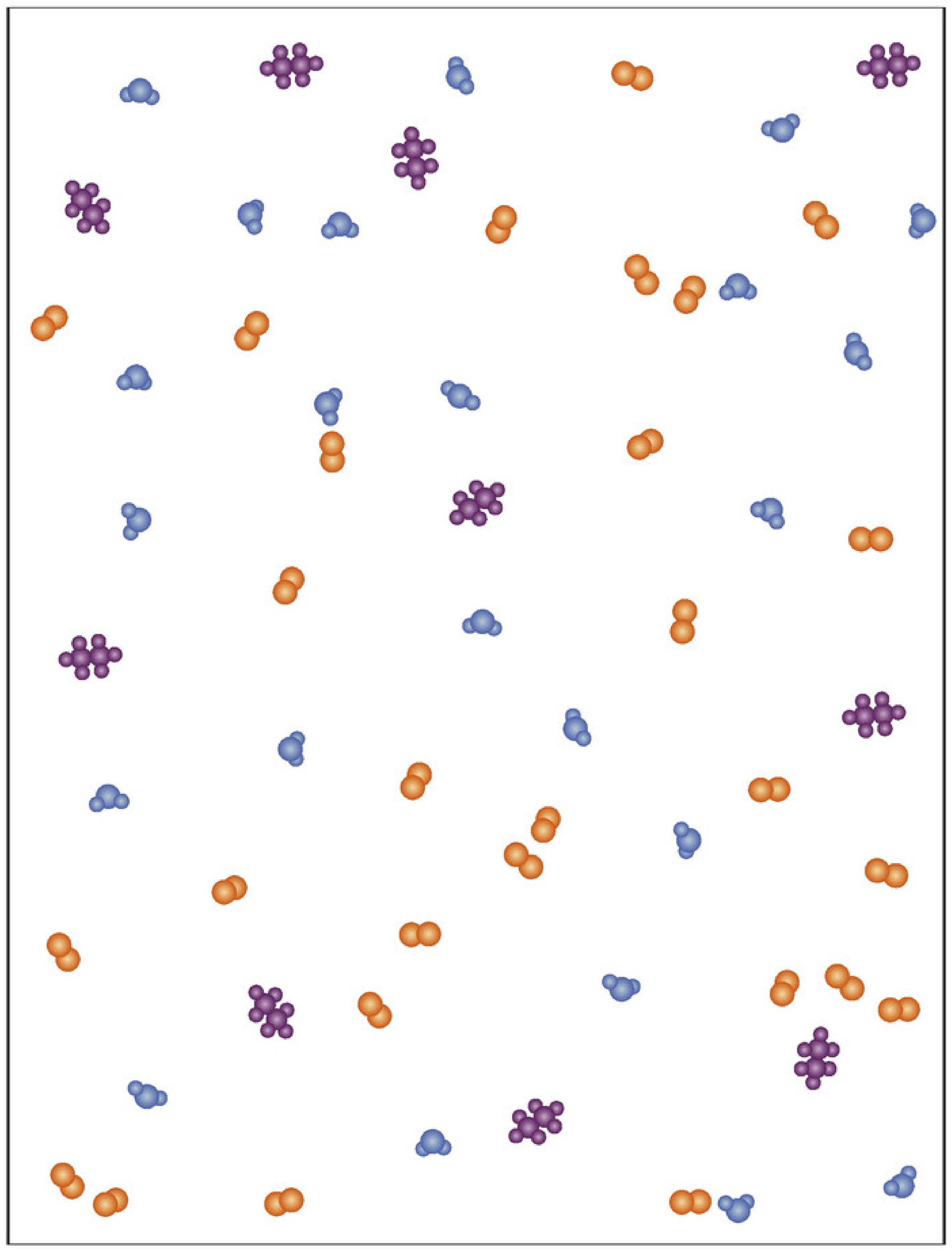
◀ **afbeelding 11**
een laborant aan het werk met een proefopstelling

Moleculen sorteren

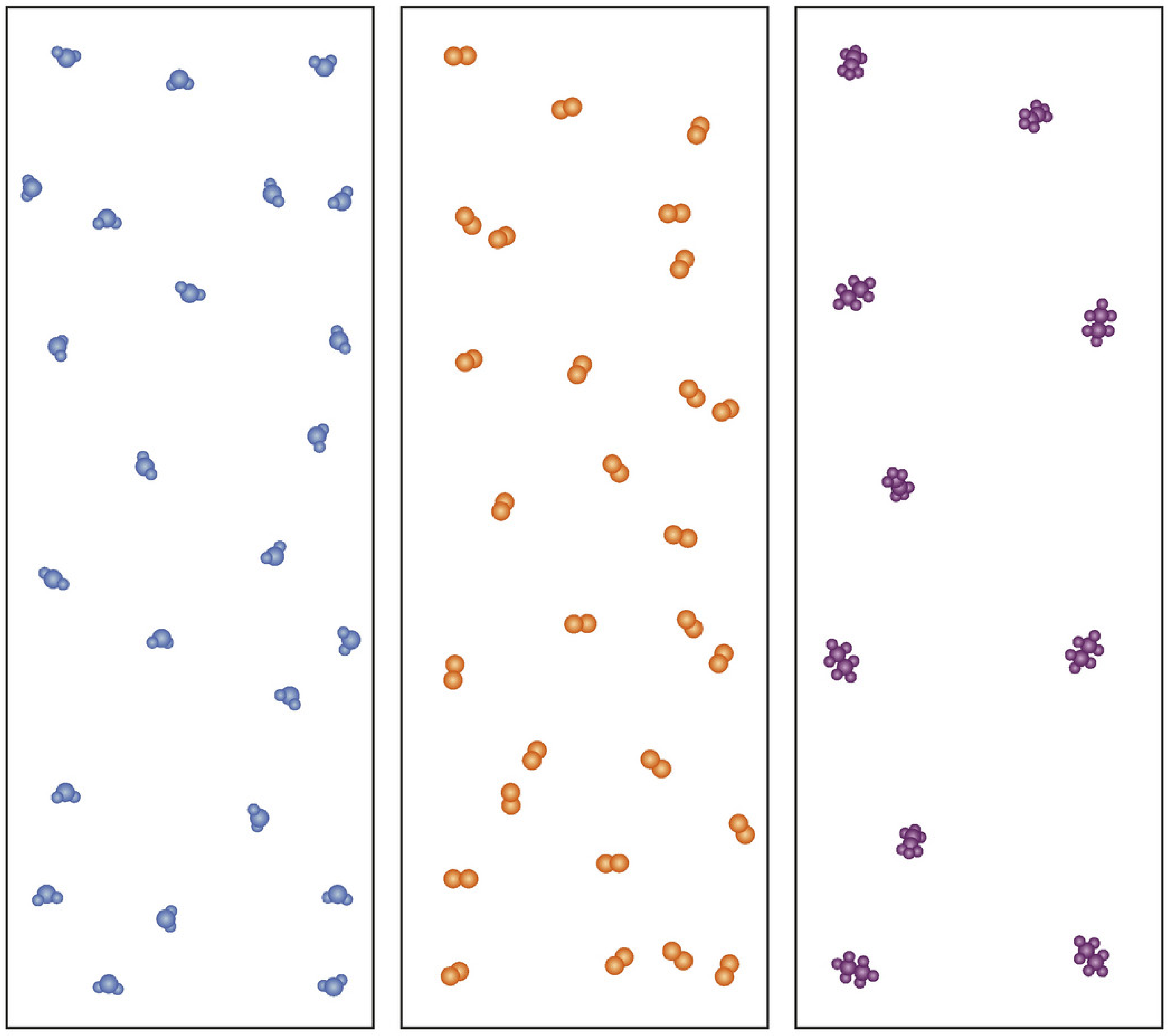
Wat gebeurt er eigenlijk met de moleculen als je een stof zuivert? Elke soort stof heeft zijn eigen moleculen: water bestaat uit watermoleculen, suiker uit suikermoleculen, zuurstof uit zuurstofmoleculen, enzovoort.

Een mengsel bestaat uit verschillende soorten moleculen. In afbeelding 12 zie je daar een schematische voorstelling van. Om het verschil duidelijk te maken, heeft elk soort molecuul een eigen kleur gekregen.

Als je een scheidingsmethode gebruikt, ben je eigenlijk bezig om moleculen te sorteren. Je zorgt ervoor dat moleculen van dezelfde soort bij elkaar terechtkomen (afbeelding 13). Bij het zuiveren van suiker bijvoorbeeld, wil je alleen suikermoleculen overhouden. Andere moleculen haal je zo veel mogelijk weg.



▲ **afbeelding 12**
een mengsel van drie stoffen



▲ **afbeelding 13**
drie zuivere stoffen

Zuivere stoffen

In theorie kun je een stof zó ver zuiveren dat je een 100% **zuivere stof** overhoudt. In zo'n stof zijn alle moleculen van dezelfde soort. In de praktijk is dat niet haalbaar. Er blijven altijd kleine hoeveelheden van andere moleculen achter. Stoffen zoals suiker, keukenzout en gedestilleerd water zijn daarom nooit helemaal zuiver, al worden ze wel 'zuivere stoffen' genoemd.

In het dagelijks leven wordt met 'zuiver' iets anders bedoeld. 'Zuiver' betekent dan dat je een stof veilig kunt gebruiken. Leidingwater is bijvoorbeeld geen zuivere stof: er zitten allerlei opgeloste stoffen in. Maar het is wel 'zuiver drinkwater': je kunt het zonder gevaar voor je gezondheid drinken.

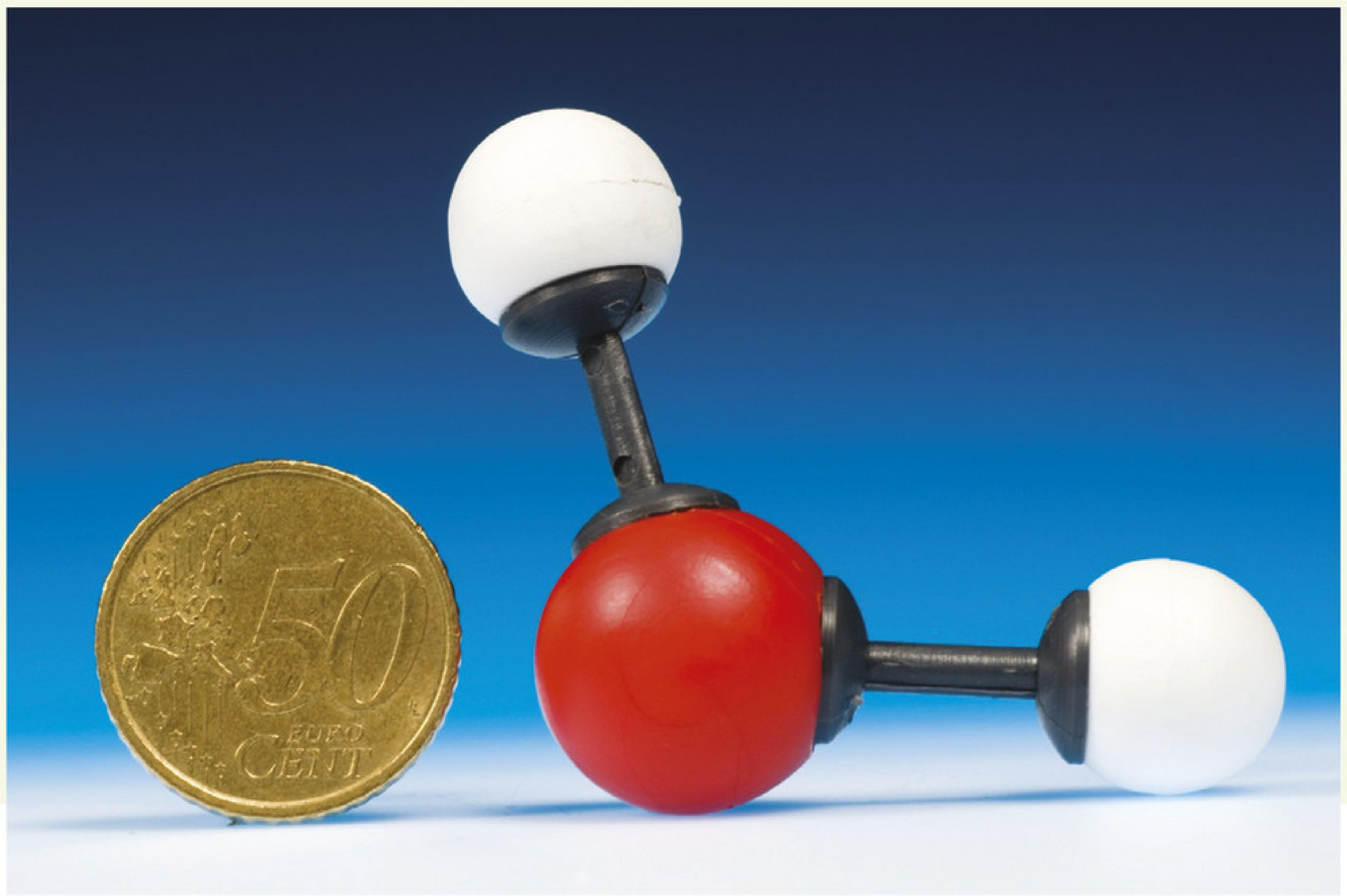
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Hoe groot zijn moleculen?

Je zou eigenlijk moeten vragen: hoe klein zijn moleculen? Je kunt daarbij kijken naar de diameter. Dat is de grootste afstand die je tussen twee uiteinden van het molecuul kunt meten.

De diameter van een watermolecuul is ongeveer 0,15 nanometer (0,15 nm = 0,000 000 000 15 m) (afbeelding 14).
Een suikermolecuul is een stuk groter; dat heeft een diameter van 0,9 nanometer (0,9 nm = 0,000 000 000 9 m).

Hoe klein moleculen zijn, is moeilijk voor te stellen. Een voorbeeld maakt het duidelijker. Stel dat je evenveel euro's bezit als er watermoleculen in een druppeltje van 1 mm^3 gaan. Je zou dan alle 7,2 miljard mensen op aarde (in 2014) ongeveer 4,5 miljard euro kunnen geven.



▶ **afbeelding 14**
Een watermolecuul is in het echt maar 0,15 nanometer lang.

4 Atomen als bouwstenen

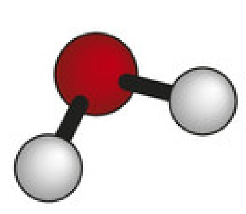
Elke stof bestaat uit moleculen. Moleculen zijn op hun beurt weer opgebouwd uit nog kleinere deeltjes.

Atomen: de bouwstenen van moleculen

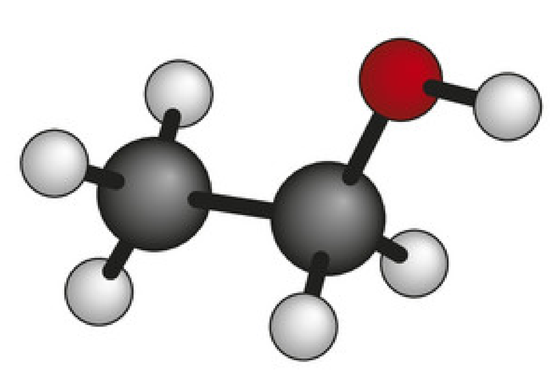
Er bestaan heel veel zuivere stoffen; het aantal loopt in de vele miljoenen. Er zijn dus ook miljoenen verschillende moleculen. Scheikundigen hebben ontdekt dat al die moleculen zijn opgebouwd uit iets meer dan honderd verschillende bouwstenen. Deze bouwstenen worden **atomen** genoemd.

In afbeelding 15 zie je drie modellen van moleculen: een watermolecuul, een ethanolmolecuul en een sacharosemolecuul.

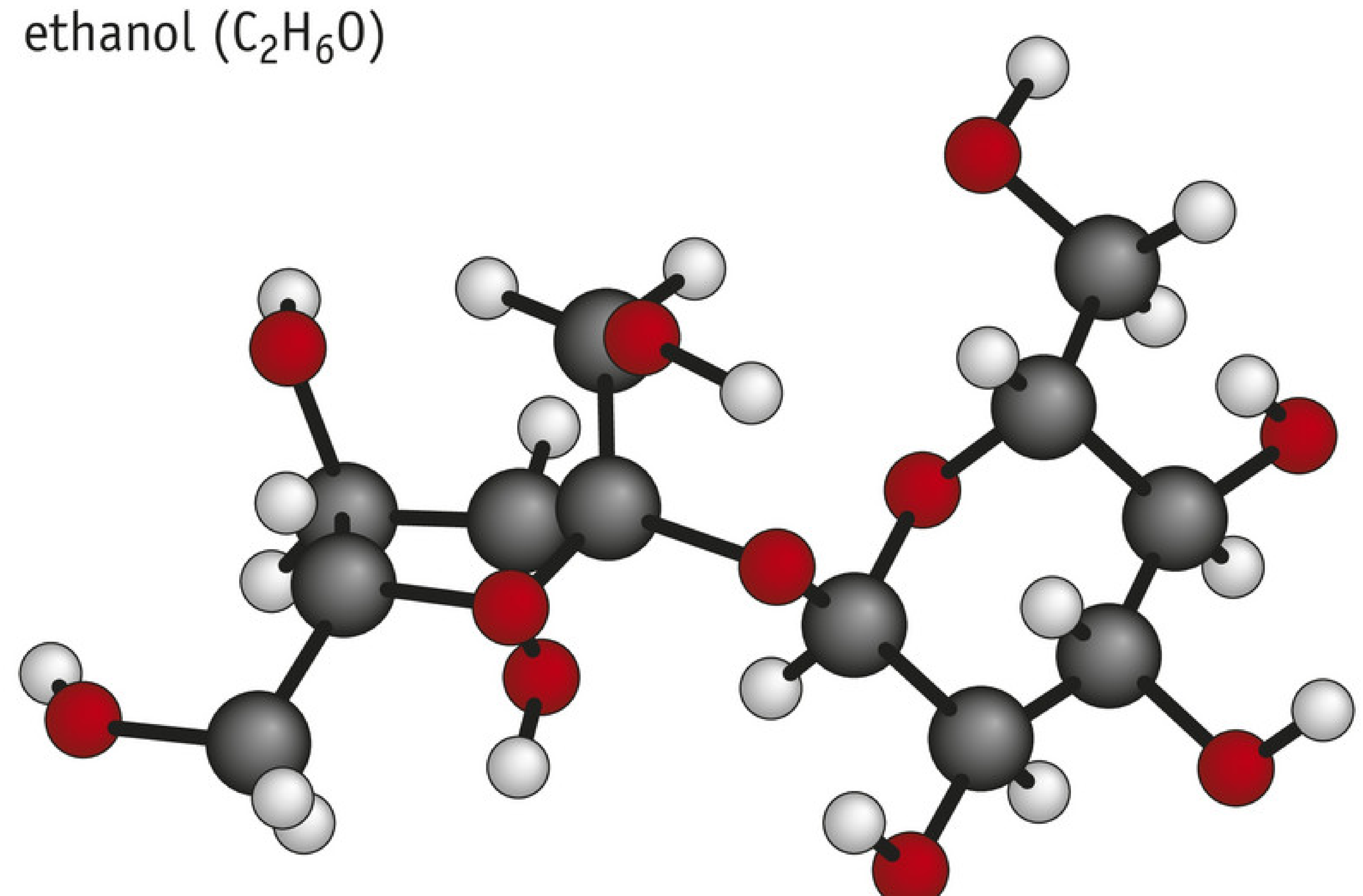
- Het watermolecuul is het kleinst. Het bestaat uit één zuurstofatoom en twee waterstofatomen.
- De moleculen van ethanol (de scheikundige naam voor de alcohol in bier en wijn) zijn groter. Een ethanolmolecuul bestaat uit twee koolstofatomen, zes waterstofatomen en één zuurstofatoom.
- Een molecuul sacharose (de scheikundige naam voor kristalsuiker) is nog groter: twaalf koolstofatomen, tweeëntwintig waterstofatomen en elf zuurstofatomen. Dat zijn 45 atomen in totaal. Als je het model goed bekijkt, zie je dat er maar drie soorten atomen in het molecuul voorkomen, net als bij ethanol.



water (H_2O)



ethanol (C_2H_6O)

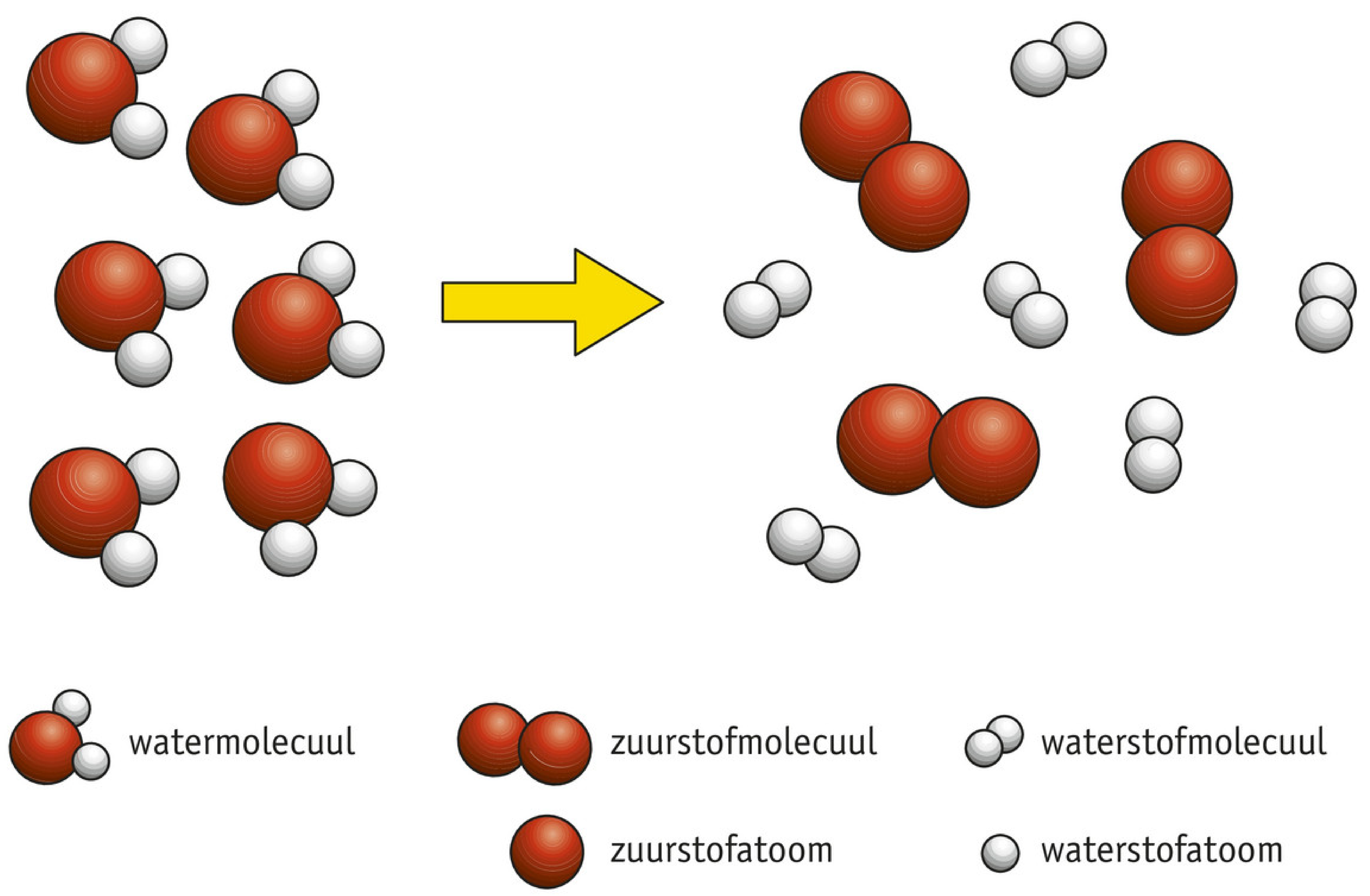


sacharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

▶ **afbeelding 15**
drie modellen van moleculen

Stoffen ontleden

Moleculen zijn opgebouwd uit meerdere atomen. Een molecuul kun je kapotmaken. Bij het **ontleden** van water worden watermoleculen kapot gemaakt. In afbeelding 16 is dit getekend. Je ziet dat de watermoleculen kapotgaan. De losse bouwstenen vormen daarna nieuwe combinaties. Er ontstaan waterstofmoleculen (opgebouwd uit twee atomen waterstof) en zuurstofmoleculen (opgebouwd uit twee atomen zuurstof).



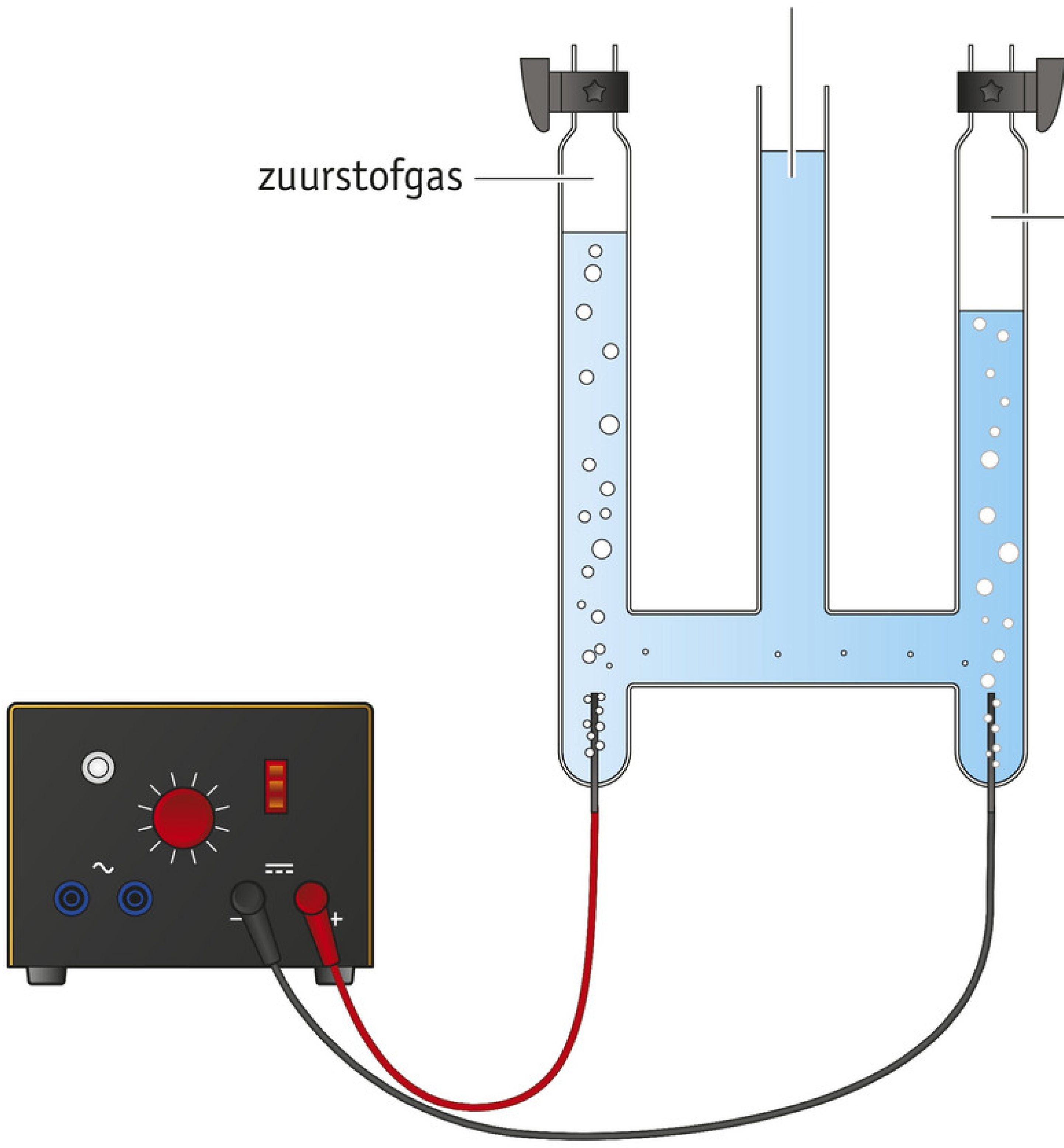
▶ **afbeelding 16**
Als je water ontleedt, krijg je waterstof en zuurstof.

Waterstof en zuurstof worden elementen genoemd. Een **element** is een stof die niet verder kan worden ontleed door een chemische reactie. Dat komt doordat een element helemaal uit één soort atomen bestaat. In zuurstof heb je alleen zuurstofatomen, in waterstof alleen waterstofatomen. Omdat er iets meer dan honderd verschillende atoomsoorten zijn, zijn er ook iets meer dan honderd verschillende elementen (tabel 1).

▼ **tabel 1** gegevens van enkele elementen

naam element	afkorting	atoomnummer*	fase bij 20 °C	komt in zuivere vorm voor als
waterstof	H	1	gas	kleurloos gas
koolstof	C	6	vast	diamant, grafiet
stikstof	N	7	gas	kleurloos en reukloos gas
zuurstof	O	8	gas	kleurloos en reukloos gas
aluminium	Al	13	vast	lichtgrijs metaal
chloor	Cl	17	gas	groengeel gas
jood	I	53	vast	paarse kristallen
goud	Au	79	vast	geel metaal
kwik	Hg	80	vloeibaar	zilvergrijs metaal
uranium	U	92	vast	grijs metaal

*atoomnummer = aantal protonen in de kern van het atoom

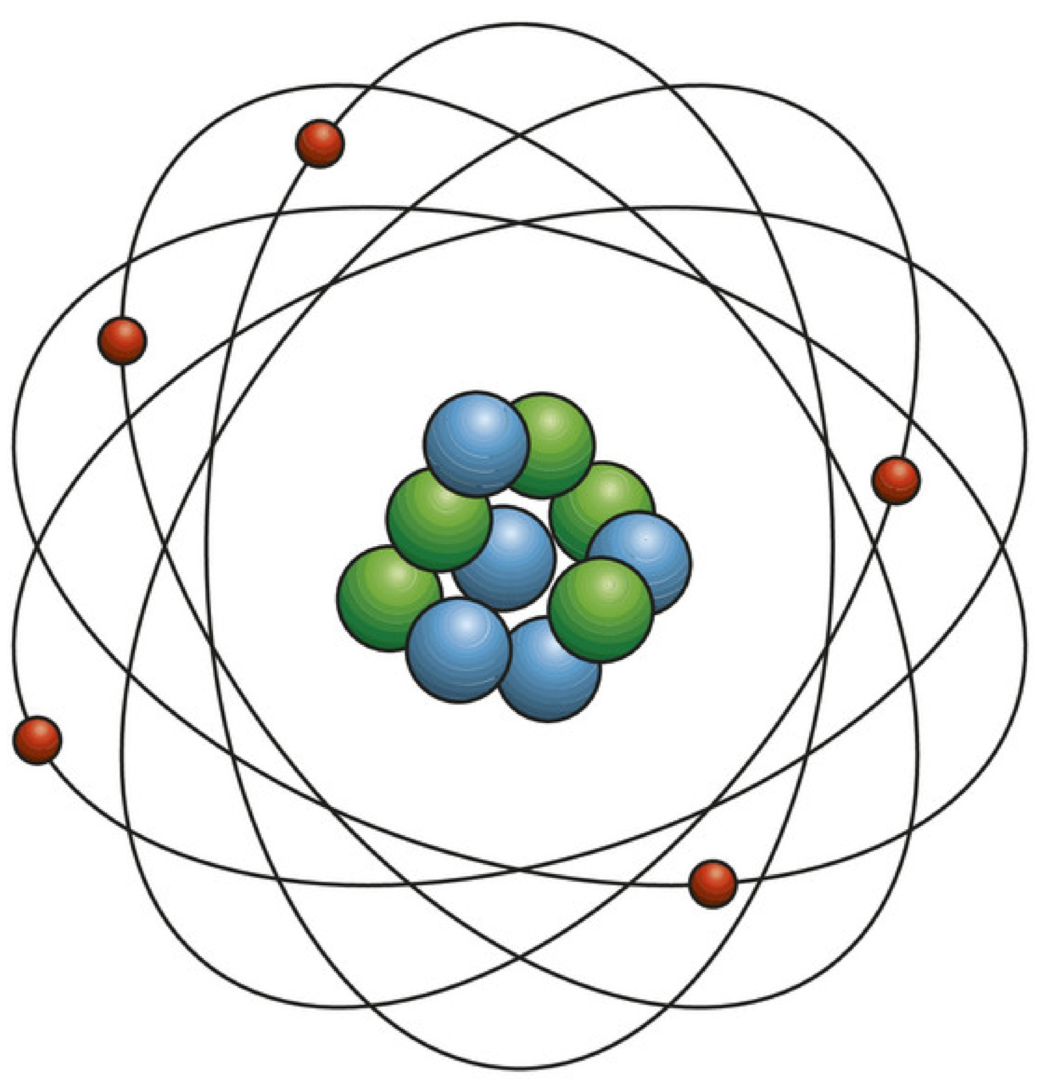


▶ **afbeelding 17**
water ontleden met het toestel van Hofmann

Er zijn verschillende manieren om stoffen te ontleden. In afbeelding 17 zie je hoe je water kunt ontleden met het toestel van Hofmann. Als er stroom door het water loopt, verdwijnt het water langzaam. Daarvoor in de plaats krijg je twee nieuwe stoffen: de gassen waterstof en zuurstof.

De bouw van een atoom

Eerst werd gedacht dat atomen de kleinste deeltjes zijn die er bestaan. Later werd duidelijk dat een atoom op zijn beurt uit nog kleinere deeltjes bestaat: protonen, neutronen en elektronen.



▲ **afbeelding 18**
een model van een atoom

In afbeelding 18 zie je een vereenvoudigde weergave van een atoom. Het gaat om een atoom van het element boor. Zoals elk atoom bestaat het uit een **kern** met daaromheen een aantal **elektronen**. De kern is veel kleiner dan het atoom zelf. Het atoom is in afbeelding 18 niet op schaal getekend. In een tekening op schaal zou je de kern niet eens kunnen zien!

De atoomkern is opgebouwd uit twee soorten deeltjes: **protonen** en **neutronen**. Er is één uitzondering op deze regel: de kern van een waterstofatoom (het kleinste atoom dat er bestaat) bestaat uit één proton en bevat geen neutronen.

Protonen

Een proton heeft een onvoorstelbaar kleine massa: $1{,}673 \cdot 10^{-27}$ kg (dat is 1,673 gedeeld door een miljard keer een miljard keer een miljard). Een proton heeft een heel kleine positieve lading.

Neutronen

Neutronen vormen samen met protonen de kern van een atoom. De massa van een neutron is bijna even groot als die van een proton. Een neutron heeft geen elektrische lading (is neutraal).

Elektronen

Een elektron is een negatief geladen deeltje. De massa van een elektron is nog veel kleiner dan die van een proton of een neutron: ongeveer 1800× zo klein. De lading van een elektron is even groot als, maar tegengesteld aan, de lading van een proton: twee (negatief geladen) elektronen stoten elkaar even sterk af als twee (positief geladen) protonen.

Een atoom heeft evenveel protonen als elektronen. Daardoor is een atoom als geheel elektrisch neutraal: je kunt de positieve lading van de protonen 'wegstrepen' tegen de negatieve lading van de elektronen.

Isotopen

De atomen van één element hebben allemaal hetzelfde aantal protonen in hun kern. Elk koolstofatoom heeft zes protonen, elk zuurstofatoom heeft er acht, elk aluminiumatoom heeft er dertien, enzovoort.

De atomen van één element kunnen wel een verschillend aantal neutronen in hun kern hebben. Je zegt dan dat het element verschillende isotopen heeft. Het element koper heeft bijvoorbeeld de isotopen koper-63 (29 protonen en 34 neutronen) en koper-65 (29 protonen en 36 neutronen) (afbeelding 19).



▶ **afbeelding 19**
Koper is een mengsel van twee isotopen: 69% van de atomen is koper-63 en 31% is koper-65.

De beide isotopen zien er precies hetzelfde uit en reageren ook op dezelfde manier met andere stoffen. Scheikundig gezien is er geen verschil. De dichtheid is wel verschillend. Dat komt doordat de atoomkernen van koper-65 een grotere massa hebben dan de atoomkernen van koper-63.

De getallen 63 en 65, waarmee je de isotopen van koper van elkaar onderscheidt, noem je massagetallen. Het massagetal geeft het totale aantal kerndeeltjes aan (het aantal protonen + het aantal neutronen). Omdat je de massa van de elektronen kunt verwaarlozen, is het massagetal ook een maat voor de totale atoommassa.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Het periodiek systeem

Het **periodiek systeem**, in afbeelding 20 weergegeven, is een schema met rijen (perioden) en kolommen (groepen). In iets meer dan honderd vakjes zijn in dit schema alle elementen op een overzichtelijke manier geordend. In het schema zie je de elementen tot en met atoomnummer 86.

In de rijen staan de elementen op volgorde van het atoomnummer (het aantal protonen in de kern). In de derde rij vind je bijvoorbeeld van links naar rechts: natrium (Na, op nummer 11), magnesium (Mg, op 12), aluminium (Al, op 13), silicium (Si, op 14), enzovoort.

Elementen met vergelijkbare eigenschappen zijn in het schema onder elkaar gezet. Zo krijg je achttien groepen elementen met vergelijkbare eigenschappen. In groep 18 helemaal rechts vind je bijvoorbeeld de edelgassen: helium (He), neon (Ne), argon (Ar), enzovoort. Kenmerkend voor deze gassen is dat ze niet met andere stoffen reageren. Edelgassen worden onder andere gebruikt om lampen mee te vullen (afbeelding 21).

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

▲ **afbeelding 20**
het periodiek systeem van de elementen



▶ **afbeelding 21**
Neonlampen zijn gevuld met het edelgas neon.





8 Straling

Werken met straling

Radioactieve stoffen zenden straling uit. Deze straling wordt in ziekenhuizen gebruikt om ziektes op te sporen en te behandelen. Daarbij gelden strenge veiligheidsregels, want de straling kan gezonde mensen ook ziek maken.

1 Eigenschappen van straling

Voordat een röntgenfoto wordt gemaakt, moet je sieraden en andere metalen voorwerpen van je lichaam verwijderen. Deze houden namelijk röntgenstraling tegen.

Soorten straling

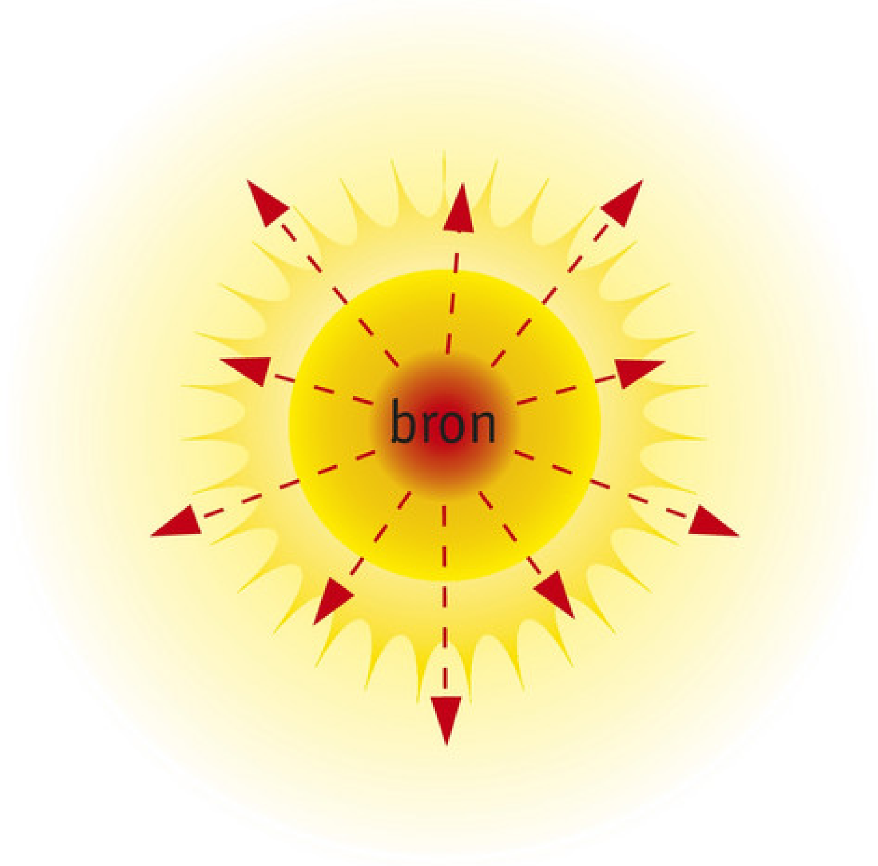
In de wereld om je heen kom je verschillende soorten straling tegen. Denk bijvoorbeeld aan:

- de microgolven waarmee een magnetron een glas melk opwarmt;
- de infrarode straling (warmte) die een radiator van de cv uitstraalt;
- het (zichtbare) licht dat bij een tv-scherm vandaan beweegt;
- de ultraviolette straling van een zonnebank die je huid bruint;
- de röntgenstraling van een röntgenapparaat in het ziekenhuis of bij de tandarts (afbeelding 1).



▶ **afbeelding 1**
Met dit apparaat maakt de tandarts of de tandartsassistent röntgenfoto's van het gebit.

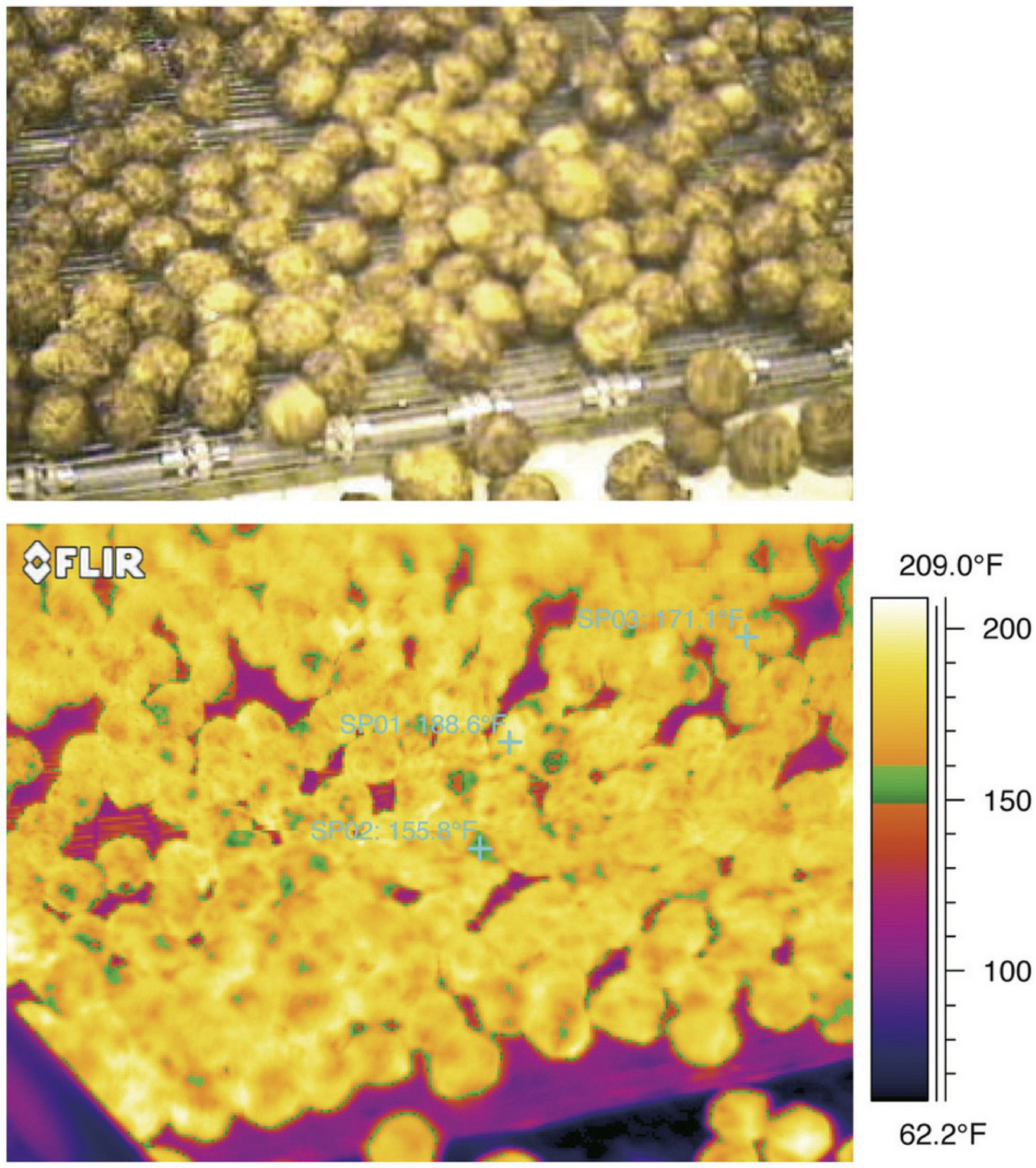
De verschillende soorten straling hebben één ding gemeenschappelijk: de straling komt uit een **bron** en beweegt daar in alle richtingen bij vandaan (afbeelding 2).



◀ **afbeelding 2**
Straling beweegt vanuit een bron.

Straling waarnemen

Licht is de enige soort straling die je kunt zien. Je ogen zijn gevoelig voor de kleuren van ‘gewoon’ licht: van rood tot violet. Alle andere vormen van straling zijn – voor mensen tenminste – onzichtbaar. Je kunt ze alleen waarnemen met speciale instrumenten, zoals een camera waarmee je infraroodfoto’s kunt maken (afbeelding 3).



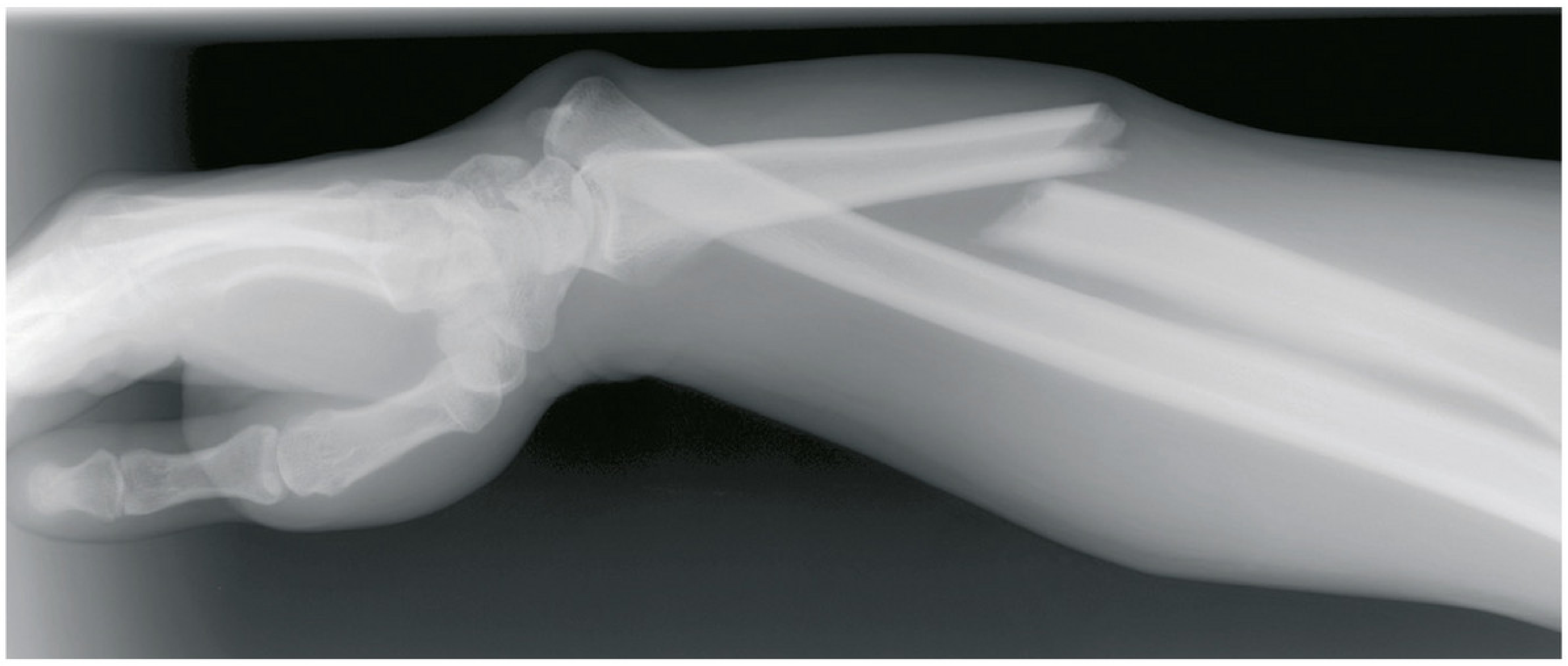
▶ **afbeelding 3**
Infraroodfoto’s worden bijvoorbeeld gebruikt voor kwaliteitscontroles in de voedingsindustrie.

Sommige dieren kunnen behalve licht ook andere soorten straling waarnemen. Bijen bijvoorbeeld kunnen geen rood of oranje zien, maar wel ultraviolette straling. Ze zien ultraviolette ‘kleuren’ die jij je niet eens kunt voorstellen. Ratelslangen hebben een orgaan in hun kop, dat gevoelig is voor infrarode straling. Daarmee kunnen ze (warme) prooidieren waarnemen als die ’s nachts afsteken tegen hun (veel koudere) omgeving.

Doorlaten en absorberen

Als straling op een voorwerp valt, kan de straling worden doorgelaten. Dat zie je bij licht dat op een glazen ruit valt. Het licht kan door de ruit verder bewegen. Een voorwerp kan de straling ook **absorberen**. Dat zie je bij licht dat op een dik zwart gordijn valt. Het licht wordt bijna volledig door het gordijn geabsorbeerd ofwel tegengehouden.

Iets vergelijkbaars gebeurt bij het maken van een röntgenfoto. Een röntgenapparaat stuurt röntgenstraling door een lichaamsdeel van de patiënt. De botten absorberen de straling bijna helemaal. Spieren en vetweefsel laten de straling juist bijna ongehinderd door. Daardoor ontstaat er achter de botten een schaduwbeeld dat je op een foto kunt vastleggen (afbeelding 4). Het beeld is een negatief waarin licht en donker zijn omgekeerd. Daarom zijn de schaduwen wit in plaats van zwart.



▶ **afbeelding 4**
Op een röntgenfoto is een schaduw van de botten te zien.

In veel situaties wordt straling gedeeltelijk doorgelaten. Houd maar eens een vel papier voor een lamp. Je ziet dan dat er vrij veel licht door het papier heengaat. Om al het licht tegen te houden, is een dikkere laag papier nodig. Röntgenstraling gaat zo goed als ongehinderd door een vel papier heen. Om röntgenstraling tegen te houden, wordt 2 tot 3 mm dik lood gebruikt. Is de laag lood dunner, dan wordt er nog te veel röntgenstraling doorgelaten.

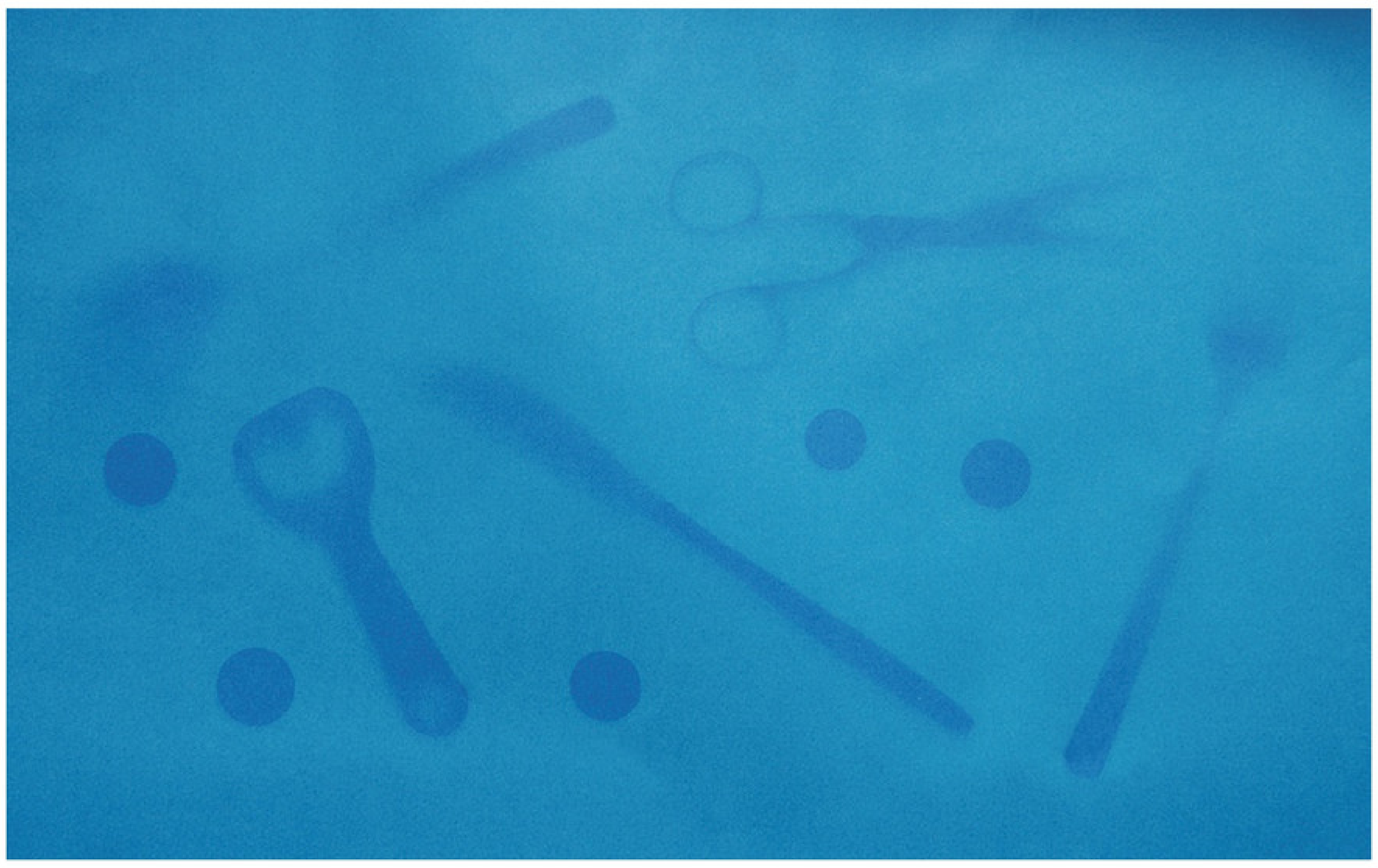
Effecten van straling

Straling bevat energie: **stralingsenergie**. Als de straling wordt geabsorbeerd, komt de energie in de straling vrij. Dat kun je op verschillende manieren merken.

Stralingsenergie kan worden omgezet in **warmte**. Dat merk je het best als je met een zwart T-shirt aan in de zon zit: door de straling (vooral infrarood en licht) die op je T-shirt valt, krijg je het al snel warm.

Stralingsenergie kan stoffen afbreken. Infrarode straling en licht zijn daarvoor niet krachtig genoeg, maar ultraviolette straling wel. Laat maar eens een vel gekleurd papier in de zon liggen. De ultraviolette straling in het zonlicht maakt de kleurstofmoleculen kapot. Dat zie je aan de kleuren die verbleken (afbeelding 5).





▲ **afbeelding 5**
Een proef met ultraviolette straling: na twee weken in de zon is het papier zichtbaar verkleurd.

Straling die moleculen kapot kan maken, wordt **ioniserende straling** genoemd. Ultraviolette straling is zwak ioniserend: er is veel ultraviolette straling nodig om een bepaalde hoeveelheid stof af te breken. Röntgenstraling is veel sterker ioniserend. Daardoor kan deze straling je gemakkelijk ziek maken als je er onvoorzichtig mee omgaat. Mensen die met röntgenstraling werken, moeten zich daarom aan allerlei veiligheidsregels houden.

Radioactieve stoffen zenden ook sterk ioniserende straling uit. Over deze straling leer je meer in de volgende paragrafen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 6**
Het loodglas beschermt de laborant tegen de röntgenstraling.

Plus Werken met röntgenstraling

Bij medisch onderzoek wordt vaak gebruikgemaakt van **röntgenstraling**. Deze straling wordt gebruikt om foto's van het lichaam te maken. Daarbij loopt de patiënt onvermijdelijk een kleine dosis straling op.

Doordat röntgenstraling sterk ioniserend is, kan het de cellen in het lichaam beschadigen. Daardoor neemt de kans toe dat de patiënt later kanker krijgt. Groot is die kans niet: voor een röntgenfoto is tegenwoordig zo weinig straling nodig dat het risico voor de patiënt te verwaarlozen is.

Röntgenfoto's worden meestal gemaakt door een röntgenlaborant. Omdat die elke dag met röntgenstraling werkt, gelden er strenge veiligheidsregels. Bij het nemen van een foto staat de laborant achter een wand waarin lood en loodglas zijn verwerkt. Het lood houdt de röntgenstraling tegen, zodat de laborant niet bij elke foto een kleine hoeveelheid röntgenstraling oploopt.

2 Radioactiviteit



▲ afbeelding 7
Uraniumerts is zó radioactief dat je het beter niet met blote handen kunt vastpakken.

De straling van radioactieve stoffen kun je niet zien, horen of voelen. Blootstelling aan deze ioniserende straling kan gevaar opleveren voor je gezondheid.

Radioactieve stoffen

In 1896 werd ontdekt dat sommige stoffen spontaan (zonder invloed van buitenaf) ioniserende straling uitzenden. Je zegt dan dat zulke stoffen **radioactief** zijn. Het woord 'radio' komt van 'radius', het Latijnse woord voor straal. 'Radioactief' betekent dus: zendt zelf straling uit.

Radioactieve stoffen vind je overal, meestal in heel kleine hoeveelheden: in de bodem, in het water, in de lucht, in de muren van gebouwen en zelfs in je eigen lichaam. Veel van deze stoffen zijn van natuurlijke oorsprong. Je noemt zulke stoffen **natuurlijk radioactief**. Uraniumerts is een natuurlijk voorkomend radioactief gesteente (afbeelding 7).

Na 1896 hebben mensen geleerd om zelf nieuwe radioactieve stoffen te maken. Zulke stoffen noem je **kunstmatig radioactief**.

Ioniserende straling waarnemen

Je kunt de straling van radioactieve stoffen niet zien, horen of voelen. Je kunt deze straling alleen waarnemen met behulp van instrumenten.

▼ afbeelding 8
een geigerteller



Een veelgebruikt instrument is de **geigerteller** (afbeelding 8). Als je de sensor bij radioactief materiaal houdt, begint de teller te klikken. Hoe sneller de klikken op elkaar volgen, hoe meer straling er wordt uitgezonden.

Je kunt ook een stukje fotografische film gebruiken om de straling waar te nemen. Als er straling op de film terechtkomt, wordt de film na ontwikkeling grijs of zwart. Hoe donkerder de ontwikkelde film wordt, hoe meer straling erop gevallen is.

Instabiele en stabiele kernen

Veel elementen hebben zowel radioactieve als niet-radioactieve isotopen (zie hoofdstuk 7). Het element koolstof is een goed voorbeeld. C-12 en C-13, de meest voorkomende isotopen van koolstof, zijn niet radioactief. De isotoop C-14, die veel minder voorkomt, is wel radioactief.

Een radioactieve isotoop heeft atoomkernen die **instabiel** zijn. Daarmee wordt bedoeld dat deze kernen spontaan, dus zonder invloed van buitenaf, veranderen. Op het moment dat zo'n atoomkern verandert, zendt deze een kleine hoeveelheid straling uit. Dit wordt **radioactief verval** genoemd.

Bij radioactief verval ontstaat een nieuwe atoomkern met een ander aantal neutronen en protonen. De atoomkernen van C-14 veranderen bijvoorbeeld in kernen van N-14: een isotoop van stikstof die zelf niet radioactief is.

Stoffen die niet radioactief zijn, hebben atoomkernen die **stabiel** zijn. Deze atoomkernen veranderen niet uit zichzelf in andere atoomkernen.

Activiteit en halveringstijd

In een radioactief voorwerp verandert elke seconde een aantal atoomkernen. Het aantal kernen dat per seconde verandert, noem je de **activiteit**. De activiteit wordt gemeten in becquerel (Bq).

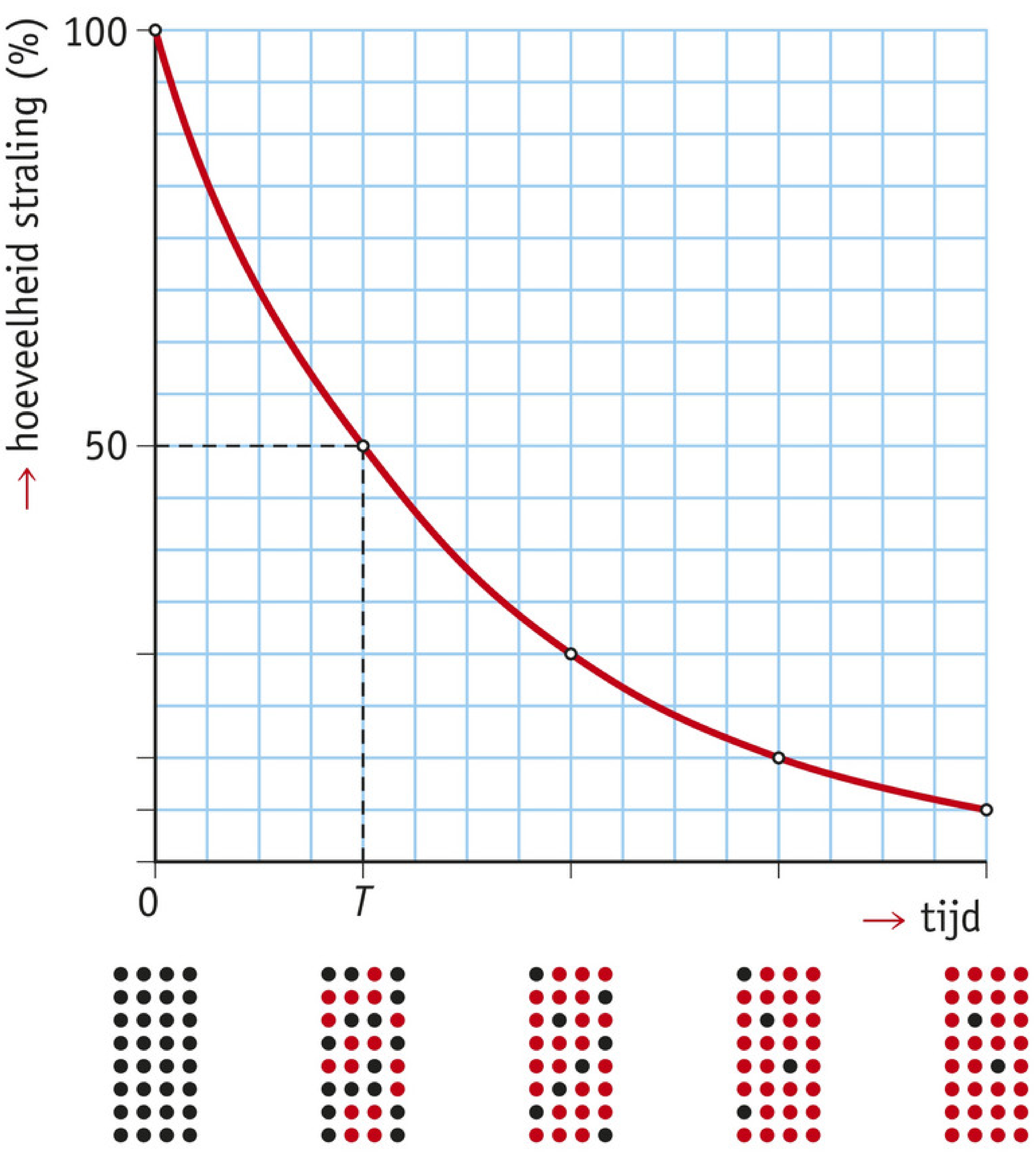
Je kunt de activiteit bepalen door te meten hoeveel straling het materiaal uitzendt (afbeelding 9). Hoe meer kernen er per seconde veranderen, hoe meer straling er wordt uitgezonden. Een activiteit van 1 Bq betekent dat er elke seconde één kern verandert.

De activiteit van een hoeveelheid radioactief materiaal wordt steeds kleiner. Dat komt doordat er steeds minder instabiele kernen overblijven. In afbeelding 10 zie je hoe het aantal instabiele atoomkernen afneemt. De tijd *T* wordt de **halveringstijd** of **halfwaardetijd** genoemd. Na die halveringstijd:

- is de helft van de instabiele atoomkernen verdwenen en
- is de hoeveelheid straling ook met de helft verminderd.

▼ **afbeelding 9**
Zo meet je de activiteit van een radioactieve bron.





▶ **afbeelding 10**
Radioactief verval: er blijft steeds minder van de oorspronkelijke stof over.

Elke radioactieve isotoop heeft een eigen, kenmerkende halveringstijd. In tabel 1 kun je de halveringstijd van enkele belangrijke isotopen opzoeken.

▼ **tabel 1** gegevens van zeven radioactieve isotopen

stof	komt onder andere voor in	toepassing	halveringstijd
uranium-235	gesteente	brandstofstaven in kerncentrales	704 miljoen jaar
plutonium-239	afval van kerncentrales	atoombommen	24 400 jaar
radium-226	gesteente	bestraling van kankergezwellen	1620 jaar
koolstof-14	atmosfeer	ouderdomsbepalingen	5730 jaar
cesium-137	afval van kerncentrales	bestraling van kankergezwellen	30 jaar
jood-131	afval van kerncentrales	behandelen van schildklierafwijkingen	8 dagen
technetium-99m	deze stof komt nergens voor; het is een kunstmatig radioactief materiaal met een uiterst korte levensduur	medisch onderzoek (in tracers)	6 uur

Voorbeeld
I-131 is een radioactieve isotoop van jood. Artsen gebruiken I-131 om er afwijkingen aan de schildklier mee te behandelen (afbeelding 11). De halveringstijd is 8 dagen.
Een ziekenhuis ontvangt op een bepaald moment een hoeveelheid I-131 met een activiteit van 64 MBq. Dat betekent dat er elke seconde 64 miljoen atoomkernen veranderen.
Bereken hoe groot de activiteit van het I-131 na 40 dagen is.

Na 8 dagen is de activiteit nog 32 MBq.
Na 16 dagen is de activiteit nog 16 MBq.
Na 24 dagen is de activiteit nog 8 MBq.
Na 32 dagen is de activiteit nog 4 MBq.
Na 40 dagen is de activiteit nog 2 MBq.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▶ **afbeelding 11**
De schildklier bevindt zich in de hals.

Plus Radioactiviteit om je heen

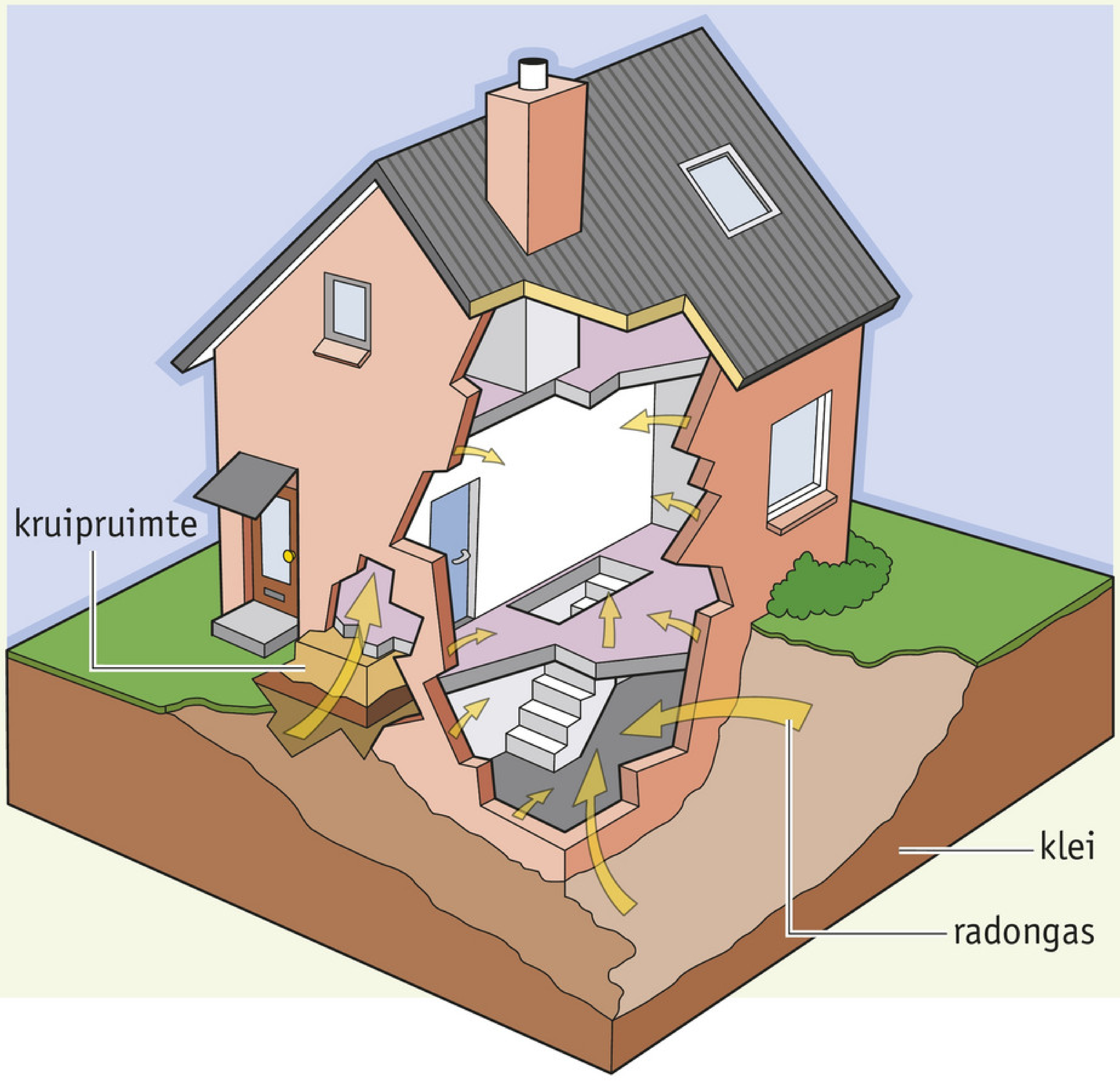
Radioactieve stoffen zitten overal, zelfs in je eigen lichaam. Deze stoffen zijn in heel kleine hoeveelheden aanwezig. De straling die je oploopt door natuurlijke stralingsbronnen, noem je **achtergrondstraling**. Achtergrondstraling kan afkomstig zijn van:

- het heelal (kosmische straling);
- de zon;
- het verval van radioactieve stoffen in de aardkorst;
- het verval van radioactieve stoffen in bouwmaterialen van huizen en in ons eigen lichaam.

De achtergrondstraling is niet overal op aarde gelijk. Op sommige plaatsen komen van nature meer radioactieve elementen in de bodem voor dan op andere plaatsen.

Van alle stoffen die op aarde voorkomen, is onderzocht hoeveel straling ze afgeven en welke gezondheidsrisico's die straling met zich meebrengt. Radon-222 (Rn-222), een gas dat voorkomt in de lucht, is het meest schadelijk. Het komt uit de bodem en uit bouwmaterialen zoals baksteen en gips. Uit de ene grondsoort komt meer radon vrij dan uit de andere: uit klei bijvoorbeeld wel 2× zo veel als uit zand.

In huis is de concentratie radon-222 veel hoger dan buiten. Dat komt doordat radon uit de bodem zich ophoopt in de kruipruimtes onder het huis. Bovendien wordt er radon afgegeven door de gebruikte bouwmaterialen. Als er niet genoeg wordt geventileerd, blijft het radon in huis hangen (afbeelding 12). Dit kan een risico voor de bewoners vormen.



▶ **afbeelding 12**
Door goed te ventileren, kun je de concentratie radongas in huis laag houden.

3 Straling gebruiken

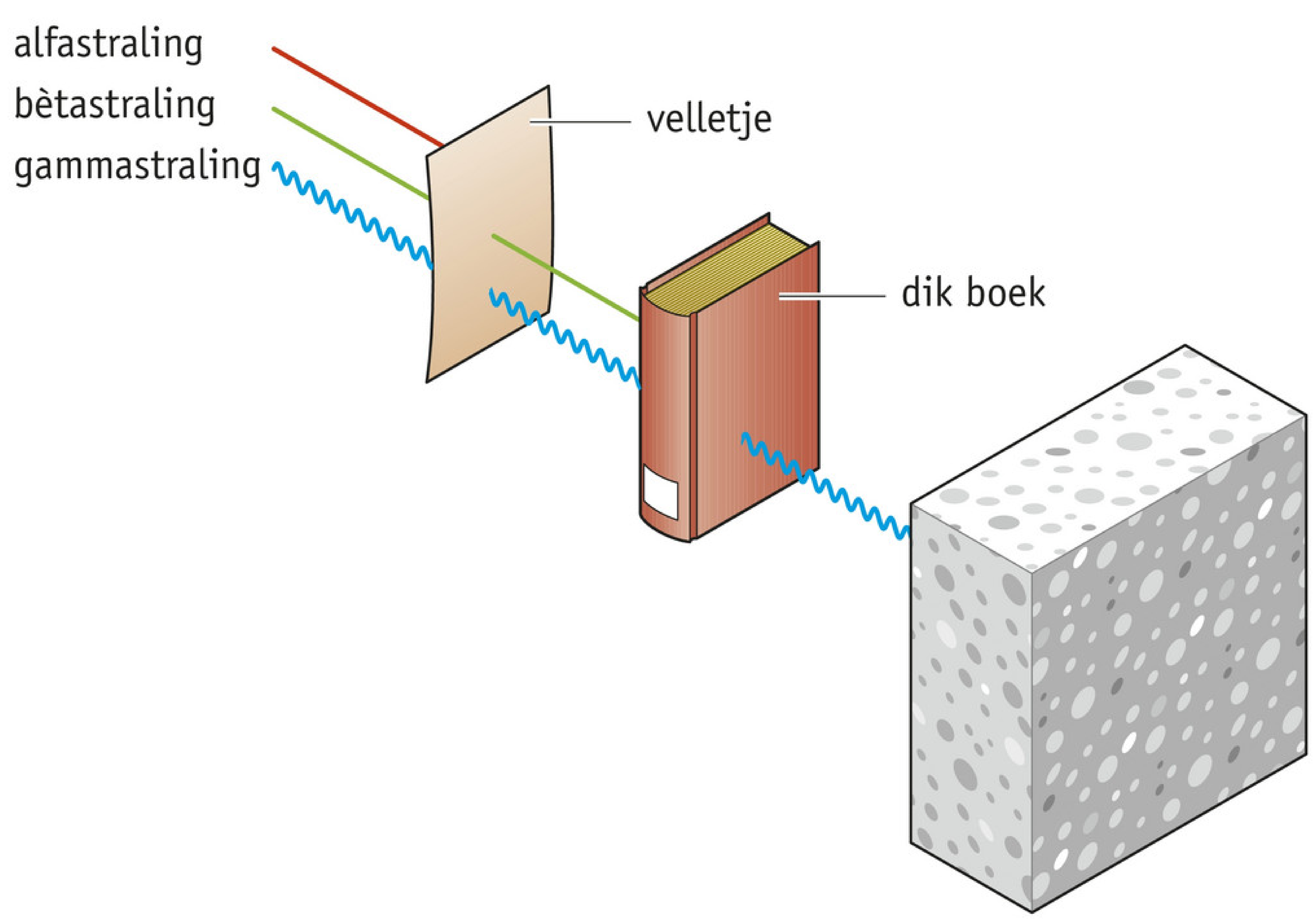
In een ziekenhuis worden radioactieve stoffen, zo lang ze niet nodig zijn, opgeborgen in een kluis. De wanden van deze kluis zijn van lood gemaakt.

Drie soorten ioniserende straling

Door radioactieve stoffen worden verschillende soorten ioniserende straling uitgezonden. Er zijn drie soorten ioniserende straling: **alfastraling**, **bètastraling** en **gammastraling**.

Tegelijk met alfa- of bètastraling wordt meestal ook gammastraling uitgezonden. Er zijn ook stoffen die alleen gammastraling uitzenden.

De ene soort straling heeft een veel groter **doordringend vermogen** dan de andere (afbeelding 13):
- Alfastraling (α-straling) kan niet ver in stoffen doordringen. Eén vel papier is genoeg om deze vorm van straling tegen te houden.
- Bètastraling (β-straling) heeft een groter doordringend vermogen dan alfastraling. Eén vel papier laat de meeste bètastraling gewoon door, maar een compleet boek zal deze straling grotendeels absorberen.
- Gammastraling (γ-straling) kan veel verder in stoffen doordringen dan bètastraling. Om mensen tegen deze straling te beschermen, wordt lood gebruikt. Soms moet de laag lood centimeters dik zijn om de straling voldoende te verzwakken.



▶ **afbeelding 13**
Het doordringend vermogen van de drie soorten straling is heel verschillend.

In tabel 2 zie je hoe groot de dracht van alfa- en bètastraling is. De **dracht** geeft aan hoe ver de straling in een stof kan doordringen. Gammastraling kun je nooit helemaal tegenhouden. Daarom kun je voor deze soort straling ook geen dracht noemen.

▼ **tabel 2** de dracht van alfa- en bètastraling

stof	dracht alfastraling*	dracht bètastraling*
lucht	circa 3 cm	circa 300 cm
water	circa 0,004 cm	circa 0,4 cm
aluminium	circa 0,0015 cm	circa 0,1 cm
lood	circa 0,0007 cm	circa 0,01 cm

* De dracht hangt af van de energie van de stralingsdeeltjes.
Hier is een gemiddelde energie genomen.

Onderzoek met gammastraling

Bij medisch onderzoek wordt vaak gebruikgemaakt van gammastraling. Met een gammacamera kunnen afbeeldingen worden gemaakt van organen in je lichaam. Zo'n onderzoek verloopt als volgt (afbeelding 14):

1. In een laboratorium wordt een **tracer** (radioactieve merkstof) gemaakt. Dit is een stof die vooral door een van de organen wordt opgenomen. De stof wordt kunstmatig radioactief gemaakt door er atomen 'in te bouwen' van een isotoop die gammastraling uitzendt.
2. De tracer wordt daarna in het lichaam van de patiënt gebracht. Meestal gebeurt dat door een injectie. De tracer verspreidt zich door het lichaam en komt zo ook terecht bij het orgaan dat moet worden onderzocht. Dit orgaan neemt in verhouding een grote hoeveelheid van de tracer op.
3. De gammastraling die de tracer uitzendt, kan voor een deel uit het lichaam ontsnappen. De straling die uit het lichaam komt, wordt geregistreerd door een gammacamera. De computer van de camera gebruikt de meetgegevens om een afbeelding te maken van het orgaan.

▼ **afbeelding 14**
onderzoek met gammastraling
1 In het laboratorium wordt een tracer gemaakt.
2 De tracer wordt in het lichaam van de patiënt geïnjecteerd.
3 De gammacamera registreert de vrijkomende straling.







In afbeelding 15 zie je een foto die met een gammacamera is gemaakt. Op de foto kun je zien hoe bloed door de longen stroomt. De tracer is in een bloedvat geïnjecteerd en zo in de longen terechtgekomen. Met dit soort foto's kunnen bloedstolsels in de longen worden opgespoord.



▶ **afbeelding 15**
Deze foto van de longen is gemaakt met een gammacamera. Je ziet duidelijk dat een van de longen slechter doorbloed is.

Bestraling van buitenaf

Ioniserende straling wordt gebruikt om kanker te bestrijden. De straling kan kankercellen zó beschadigen dat ze doodgaan. Als de kankercellen zich nog niet door het hele lichaam hebben verspreid, is er vaak een goede kans op genezing. De straling remt in elk geval de groei van kankergezwellen af, zodat de patiënt minder snel achteruitgaat en de klachten minder worden.

Bij de meeste behandelingen komt de straling van buitenaf. Een radioactieve bron beweegt rond het lichaam en bestraalt het gezwel van verschillende kanten. Op die manier wordt het gezonde weefsel dat rond het kankergezwel ligt, zo min mogelijk beschadigd. Omdat de straling van buiten het lichaam komt, is de patiënt na de behandeling niet radioactief.

Voor bestraling van buitenaf wordt altijd gammastraling gebruikt. Gammastraling kan ver in het lichaam doordringen en richt veel schade in de kankercellen aan. Lichaamsdelen die niet mogen worden bestraald, worden afgeschermd met loden platen of een loodschort.

Bestraling van binnenuit

Er zijn ook behandelingen waarbij het lichaam van binnenuit wordt bestraald. De artsen brengen dan een radioactieve stof in het lichaam. Dat kan door de patiënt een capsule te laten innemen met een radioactieve vloeistof.



BEROEPENORIËNTATIE

Gammastraling

De gammastralen moeten heel precies op de tumor gericht worden. De radiologisch assistent is dagelijks bezig met het juist afstellen van de apparaten waarmee patiënten worden bestraald.

◀ **afbeelding 16**
Een patiënt wordt klaargemaakt om te bestralen.

Er worden ook wel radioactieve ‘zaadjes’ gebruikt, met de grootte van een rijstkorrel. Bij de behandeling van prostaatkanker worden zulke radioactieve zaadjes (bolletjes of naaldjes) gebruikt. Prostaatkanker is een vorm van kanker die vaker voorkomt bij mannen als ze ouder worden. Een arts brengt de radioactieve zaadjes met een holle naald in het lichaam. Ze worden dicht in de buurt van de prostaat geplaatst, zodat de prostaat zo goed mogelijk wordt bestraald.

Bij bestraling van binnenuit wordt de patiënt zelf tijdelijk radioactief. Er is een radioactieve stof in het lichaam gebracht, en die blijft ook na de behandeling nog enkele weken tot maanden aanwezig. Om de patiënt en zijn omgeving niet onnodig risico te laten lopen, worden stoffen met een korte halveringstijd gebruikt, zoals jood-125 (60 dagen) en palladium-103 (17 dagen).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Stralingsnormen

Er zijn allerlei mensen die beroepshalve met radioactieve stoffen werken. Je vindt hen bijvoorbeeld in ziekenhuizen, laboratoria en kerncentrales. Voor deze 'radiologische werkers' gelden strenge veiligheidsregels. Die regels moeten voorkomen dat ze een te hoge dosis (hoeveelheid) straling oplopen.

De dosis wordt uitgedrukt in millisievert (mSv). Deze eenheid houdt er rekening mee dat de ene soort straling schadelijker is dan de andere. Een dosis van 5 mSv is 5× zo schadelijk als een dosis van 1 mSv. Het maakt daarbij niet uit om welk soort straling het gaat.

Een radiologisch werker mag in een jaar niet meer dan 20 mSv ontvangen. Dat is ongeveer 20× zo veel als de dosis die een doorsnee Nederlander jaarlijks oploopt. Elke radiologisch werker draagt tijdens zijn werk een **dosismeter** (afbeelding 17). Zo wordt gecontroleerd of de dosis straling binnen de perken is gebleven.



▶ **afbeelding 17**
een dosismeter

4 Bescherming tegen straling

De kernreactor in Fukushima werd in 2011 beschadigd door een tsunami. Door het ongeluk kwam radioactieve straling vrij. In een gebied van 30 km rond de centrale werden alle inwoners geëvacueerd.

Gevaren van straling

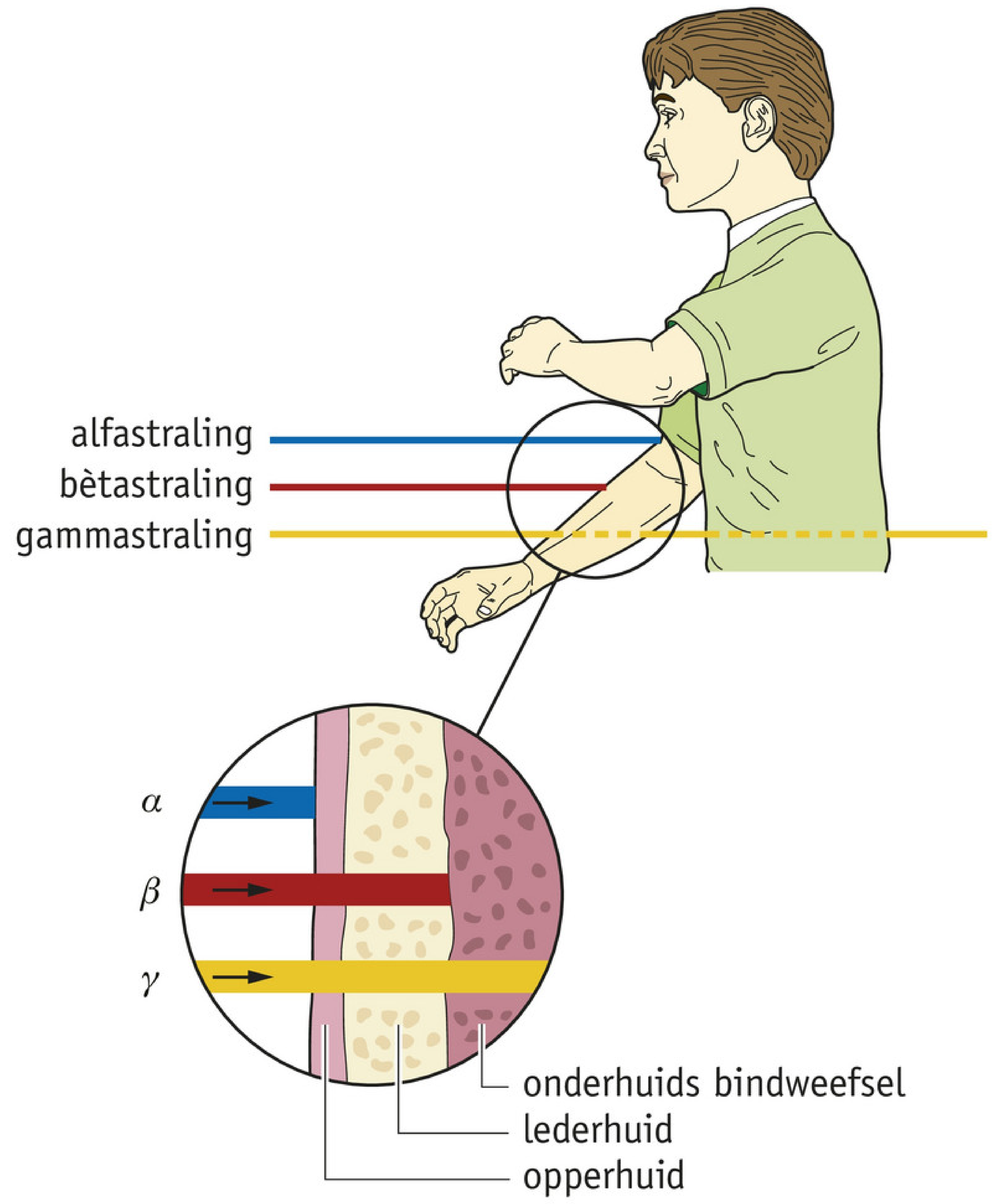
De straling die radioactieve stoffen afgeven, is gevaarlijk. Mensen die een hoge dosis straling oplopen, overlijden vrijwel meteen. Bij een iets minder hoge dosis word je na enkele dagen of weken ernstig ziek.

Mensen die een lage dosis straling oplopen, merken daar op het moment zelf niets van. Wel is de kans groter dat ze later kanker krijgen. Ook wordt de kans groter dat ze kinderen krijgen met een aangeboren afwijking.

Bij bestraling van buitenaf is gammastraling het meest schadelijk. Alfastraling wordt helemaal geabsorbeerd door de opperhuid. Bètastraling kan de opperhuid wel passeren, maar komt maar enkele millimeters het lichaam in. Alleen gammastraling kan de organen in het lichaam bereiken (afbeelding 18).

Bij bestraling van binnenuit zijn alle soorten straling gevaarlijk. De cellen van je lichaam staan dan direct aan de straling bloot. Hoe gevaarlijk de straling is, hangt onder andere af van de intensiteit van de straling.

▶ **afbeelding 18**
Gammastraling dringt het diepst in het lichaam door.





▲ **afbeelding 19**
Dit is een container waarin flesjes met radioactieve stoffen worden vervoerd. De binnen- en de buitenwand zijn van staal, met daartussen een dikke laag lood.

▼ **afbeelding 20**
Om verspreiding van radioactieve stoffen te voorkomen, wordt een 'overstapbankje' gebruikt bij het aan- en uittrekken van de schoenhoezen.



Bescherming tegen bestraling

Voor het werken met radioactieve stoffen gelden verschillende voorzorgsmaatregelen:
- De **tijd** dat mensen vlak bij de radioactieve stoffen komen, wordt zo kort mogelijk gehouden.
- De **afstand** tot de radioactieve stoffen wordt zo groot mogelijk gemaakt. Zo nodig worden er machines gebruikt die op afstand kunnen worden bediend.
- Er wordt **afschermingsmateriaal** gebruikt dat de straling absorbeert. Dat is vooral belangrijk voor gammastraling, de soort straling met het grootste doordringende vermogen. Een veelgebruikt afschermingsmateriaal is lood (afbeelding 19). Hoe dikker de laag lood is, hoe meer gammastraling er wordt geabsorbeerd (en hoe minder er wordt doorgelaten).

Bescherming tegen inwendige bestraling

Radioactieve stoffen mogen niet terechtkomen in de bodem, het grondwater en de lucht. Als dat toch gebeurt, zeg je dat er radioactieve besmetting heeft plaatsgevonden. Er kunnen dan radioactieve stoffen in je lichaam terechtkomen:
- met de lucht die je inademt;
- met het water dat je drinkt;
- met het voedsel dat je eet.

Het gevolg is dat je lichaam inwendig wordt bestraald. De beste manier om inwendige bestraling te voorkomen, is zorgen dat er geen besmetting plaatsvindt. Met andere woorden: je moet radioactieve stoffen heel goed afsluiten van de buitenwereld. Daarom gelden er strenge regels in ziekenhuizen en laboratoria, zoals:
- Werk alleen met radioactieve stoffen in daarvoor aangewezen ruimtes.
- Doe een jas en schoenhoezen aan als je een werkruimte binnengaat.
- Was je handen grondig als je de werkruimte verlaat.
- Doe daarna de jassen en schoenhoezen weer uit (afbeelding 20).
- Let er goed op dat je geen radioactieve stoffen morst.
- Controleer regelmatig of de werkruimtes niet radioactief besmet zijn.

Maatregelen bij besmetting

Ondanks alle voorzorgsmaatregelen kan het toch gebeuren dat er radioactieve besmetting plaatsvindt. In zo'n geval moeten er meteen maatregelen worden genomen:
- Mensen moeten besmette kleding uittrekken en meteen gaan douchen.
- De besmette kleding moet zorgvuldig worden opgeborgen.
- Besmette ruimtes moeten worden schoongemaakt (ontsmet).



▶ **afbeelding 21**
De radioactieve stoffen worden met water van de materialen afgespoeld.

Deze maatregelen hebben één uitgangspunt: houd radioactieve stoffen uit de buurt van mensen. Je wilt voorkomen dat ze op de huid of in het lichaam terechtkomen. En als het toch een keer fout gaat, moet je ze zo snel mogelijk weer verwijderen (afbeelding 21).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Medische isotopen uit Petten

In ziekenhuizen worden radioactieve stoffen gebruikt met een halfwaardetijd van uren tot weken. Deze kortlevende **medische isotopen** komen niet (meer) in de natuur voor. Daarvoor is hun levensduur te kort. Ze worden daarom gemaakt in kernreactoren die speciaal voor dat doel zijn gebouwd.

▼ **afbeelding 22**
In dit gebouw in Petten worden medische isotopen gemaakt. In 2014 kwam ongeveer 60% van de Europese productie hier vandaan.



In Nederland staat één reactor waar zulke medische isotopen worden gemaakt. Deze reactor staat in Petten in Noord-Holland. Hij wordt beheerd door de NRG, een Nederlands bedrijf dat isotopen produceert voor ziekenhuizen in heel Europa. Ook levert het bedrijf tracers, onder andere aan de olie-industrie.

In de reactor in Petten zijn verschillende keren problemen geweest met de veiligheid. De reactor werd dan tijdelijk stilgelegd, zodat de problemen konden worden opgelost. Ondertussen konden er geen medische isotopen meer worden geproduceerd. Ziekenhuizen in heel Europa sloegen dan alarm: zonder de isotopen van de NRG zouden ze veel patiënten naar huis moeten sturen.





Vaardigheden

Onderzoek doen

Om onderzoek te kunnen doen, moet je bepaalde dingen kunnen. Anders gezegd: je moet over bepaalde onderzoeksvaardigheden beschikken. In dit onderdeel van het boek is een aantal belangrijke vaardigheden voor jou op een rij gezet. Je kunt dus altijd opzoeken hoe je een onderzoek aanpakt.

1 Een samenvatting maken

Bij het maken van een samenvatting moet je het hoofdstuk nauwkeurig lezen. Vraag jezelf steeds af: is dit een hoofdzaak of een bijzaak? Zo krijg je de leerstof goed 'in je vingers'.

Een paar aanwijzingen:

- Zet de titel van het hoofdstuk boven je samenvatting.

- Vat de leerstof per paragraaf samen. Zet de titel van de paragraaf er steeds boven.

- Neem algemene uitspraken over in je samenvatting. Laat voorbeelden weg of geef ze aan met een enkel woord.
  Het volgende stukje tekst:

  > Krachten kunnen de beweging van een voorwerp veranderen. Dat zie je bijvoorbeeld bij een volleybalwedstrijd. De snelheid van de bal neemt toe als een speler de bal opslaat. De snelheid neemt af als een speler een harde bal 'stopt'. De richting van de bal verandert als de spelers tegen de bal tikken of slaan.

  kun je in één zin samenvatten: 'Krachten kunnen de snelheid en/of de richting van een beweging veranderen.' Eventueel kun je daar nog achter zetten: '(voorbeeld: volleybalwedstrijd)'.

- In het theorieboek zijn belangrijke woorden blauwgedrukt. Deze woorden worden altijd in het boek uitgelegd. Schrijf die uitleg kort op.

- Formules heb je vaak nodig bij het maken van opgaven. Neem ze dus altijd over in je samenvatting. Formules worden meestal in symbolen (letters) geschreven. Dat is handig. Maar je moet de symbolen natuurlijk wel kennen. Neem ze anders met de betekenis op in je samenvatting.

Afbeelding 1 is een voorbeeld van een goede samenvatting. In plaats van een samenvatting kun je ook een **begrippennetwerk** maken. In afbeelding 2 op bladzijde 166 zie je daar een voorbeeld van.

SAMENVATTING HOOFDSTUK 1: KRACHTEN

1 Krachten herkennen

Krachten kun je vaak voelen. Soms kun je ook zien welk effect een kracht heeft:

- Krachten kunnen de snelheid en/of de richting van een beweging veranderen.
- Krachten kunnen de vorm van een voorwerp veranderen.

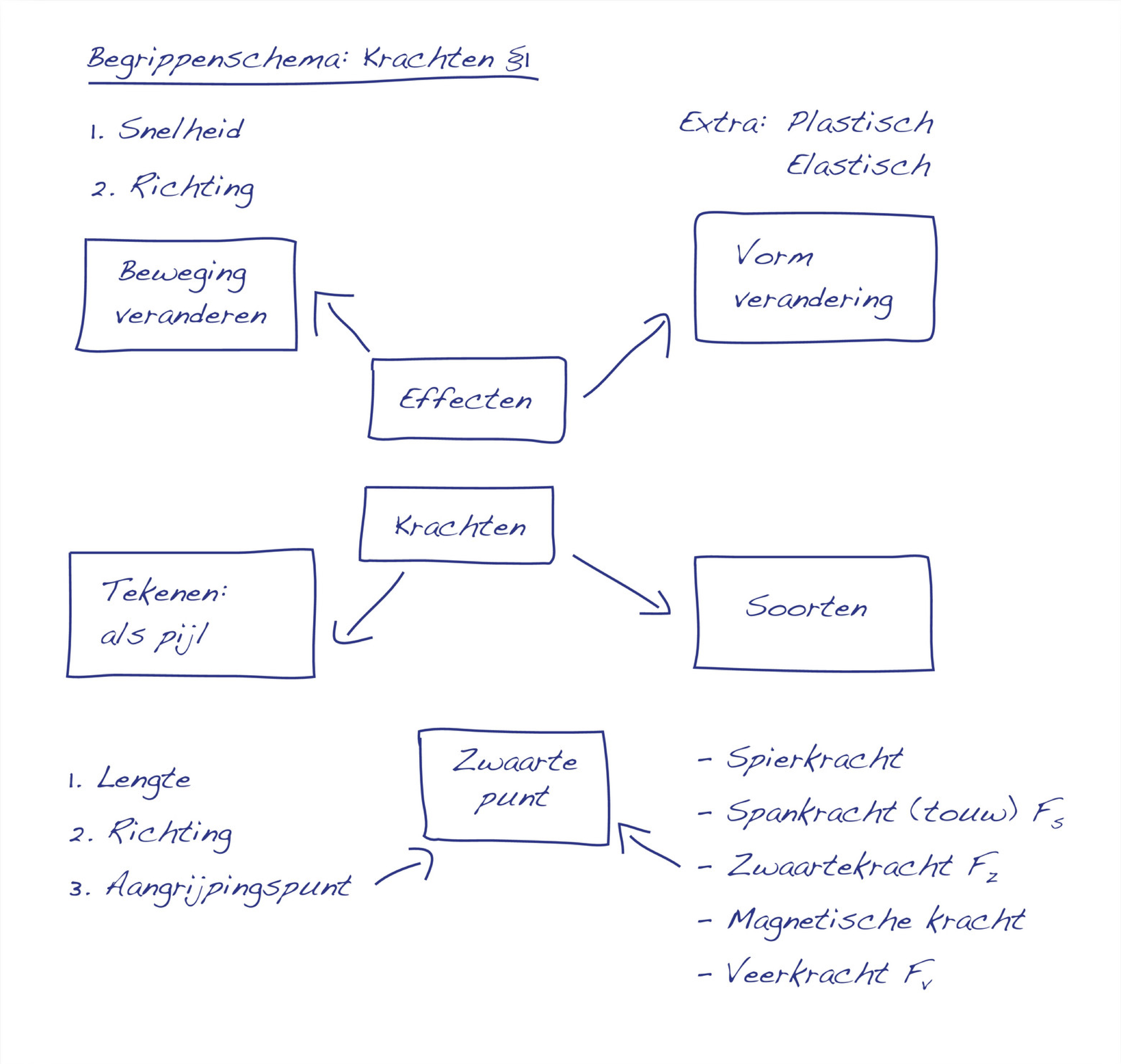
Er bestaan verschillende soorten krachten. Bijvoorbeeld: de spierkracht, de veerkracht F_v (expander), de spankracht F_s (touw) en de zwaartekracht F_z.

Een kracht teken je als een pijl:

1. De richting geeft aan in welke richting de kracht werkt.
2. Het aangrijpingspunt geeft aan waar de kracht wordt uitgeoefend.
3. De lengte geeft aan hoe groot de kracht is.

De zwaartekracht grijpt aan in het zwaartepunt (meestal ergens midden in het voorwerp).

▲ **afbeelding 1**
een voorbeeldsamenvatting



▲ **afbeelding 2**
Zo ziet een begrippennetwerk eruit

2 Een onderzoek doen

Je vindt in je werkboek bij elk hoofdstuk een aantal ideeën voor onderzoek. Bij het uitvoeren van zo'n onderzoek kun je het best stap voor stap te werk gaan.

- **Stap 1: Bedenk een onderzoeksvraag**
  Soms staat de **onderzoeksvraag** al in het boek vermeld. Dan ben je natuurlijk snel klaar. Soms mag of moet je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te snel tevreden. Denk er goed over na of je vraag wel geschikt is. Je moet al een idee hebben hoe je aan het antwoord kunt komen. Stel de vraag zó dat iedereen de vraag kan begrijpen.

  Voorbeeld
  Petra heeft als onderzoeksvraag bedacht:
  Hoe groot is het vermogen van de koplamp van mijn fiets?

  Petra wil het lampje gebruiken dat in de koplamp van haar fiets zit. Ze weet hoe ze het vermogen van zo'n lampje kan bepalen. Dat moet dus wel lukken.

- **Stap 2: Maak een werkplan**
  In je **werkplan** moet je de volgende vragen beantwoorden:
  – Welke materialen en apparatuur heb je nodig?
  – Welke opstelling ga je bouwen (maak een tekening)?
  – Welke grootheden ga je meten?
  – Hoe ga je je meetresultaten verwerken:
    - Welke formules heb je nodig?
    - Ga je ook een grafiek maken?

  In afbeelding 3 zie je Petra's werkplan.

- **Stap 3: Meten**
  Je gaat nu je opstelling bouwen en de metingen uitvoeren. Schrijf al je metingen geordend op, bijvoorbeeld in een tabel. Zie de vaardigheden 3 en 12.

- **Stap 4: Verwerken**
  Gebruik nu de formule(s) die je nodig hebt en maak daarmee de berekeningen om je antwoord te vinden. Soms kun je je meetresultaten in een grafiek weergeven. Zie de vaardigheden 12 en 13.

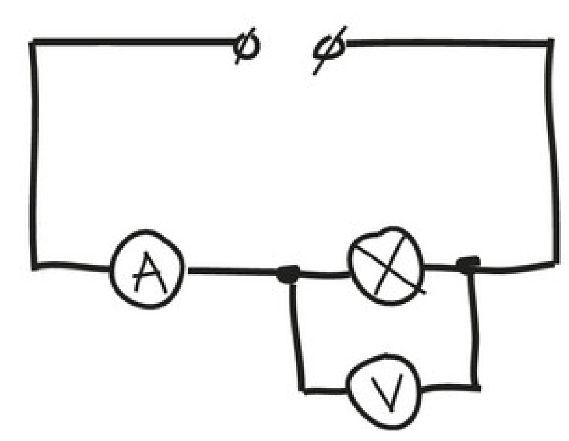
WERKPLAN **Petra de Boer**
Onderzoek: Het vermogen meten van de koplamp van mijn fiets

Materialen en apparatuur

Ik heb nodig:
- voeding
- snoeren
- stroommeter
- spanningsmeter
- fietslampje (van mezelf)

Opstelling

Ik ga deze schakeling bouwen:



Formules

Ik kan het vermogen berekenen met de formule $P = U \cdot I$.
Ik moet dus de spanning en de stroomsterkte meten. Dan kan ik het vermogen uitrekenen.

Metingen

Ik stel de spanning in op 6,0 V (want dat is de gewone spanning van een dynamo). Daarna meet ik hoe groot de stroomsterkte door het lampje is.

▶ **afbeelding 3**
Petra's werkplan

- **Stap 5: Conclusies trekken**
  Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Geef een antwoord op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af of er in je metingen onnauwkeurigheden kunnen zitten, waardoor je misschien een verkeerd antwoord op de onderzoeksvraag hebt gegeven. Zou je die onnauwkeurigheden kunnen verkleinen?

- **Stap 6: Een verslag maken**
  Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie vaardigheid 14.

3 Meetinstrumenten aflezen

Er bestaan digitale meetinstrumenten en analoge meetinstrumenten (afbeelding 4). Er zitten enkele belangrijke verschillen tussen deze meters.

Digitale meters geven de aflezing in cijfers op een display weer. Voorbeelden zijn een digitale thermometer en een digitale stopwatch. Dit soort meters maakt het je erg gemakkelijk. Je hoeft alleen de cijfers juist af te lezen. Je kunt dus nauwelijks een afleesfout maken.



▲ **afbeelding 4**
een digitale en een analoge tijdmeter

Analoge meters hebben een wijzer en een schaalverdeling. Voorbeelden zijn een liniaal, een spanningsmeter maar ook een gewone klok. Je moet zelf de stand van de wijzer aflezen. Vaak moet je dan schatten hoe de wijzer precies staat. Sommige meters hebben verschillende meetbereiken. Om zo goed mogelijk te kunnen schatten, gebruik je altijd het kleinst mogelijke meetbereik.

Bij een analoge meter moet je eerst nagaan hoeveel elk 'vakje' van de **schaalverdeling** waard is. Daar kun je als volgt achterkomen (afbeelding 5):

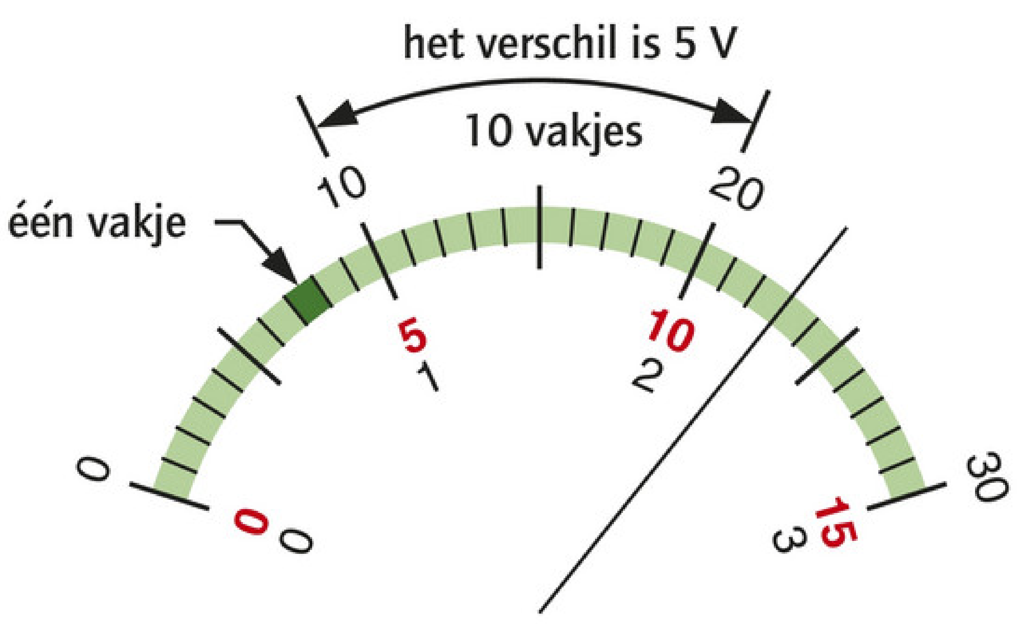
- Ga na welk **meetbereik** is gebruikt.
  Bij de spanningsmeter in afbeelding 5 is dat 0-15 V.

- Noteer het verschil tussen twee opeenvolgende getallen.
  Bij het meetbereik 0-15 V is dat verschil telkens 5 V.

- Tel het aantal 'vakjes' tussen twee opeenvolgende getallen.
  Bij de spanningsmeter zijn dat er 10.

- Reken nu uit hoeveel elk vakje waard is.
  Je deelt: 5 V / 10 = 0,5 V.

- Tot slot moet je zorgen dat je recht op de meter kijkt. Dan kun je het instrument aflezen.
  Ga zelf na dat de spanningsmeter 11,5 V aangeeft.



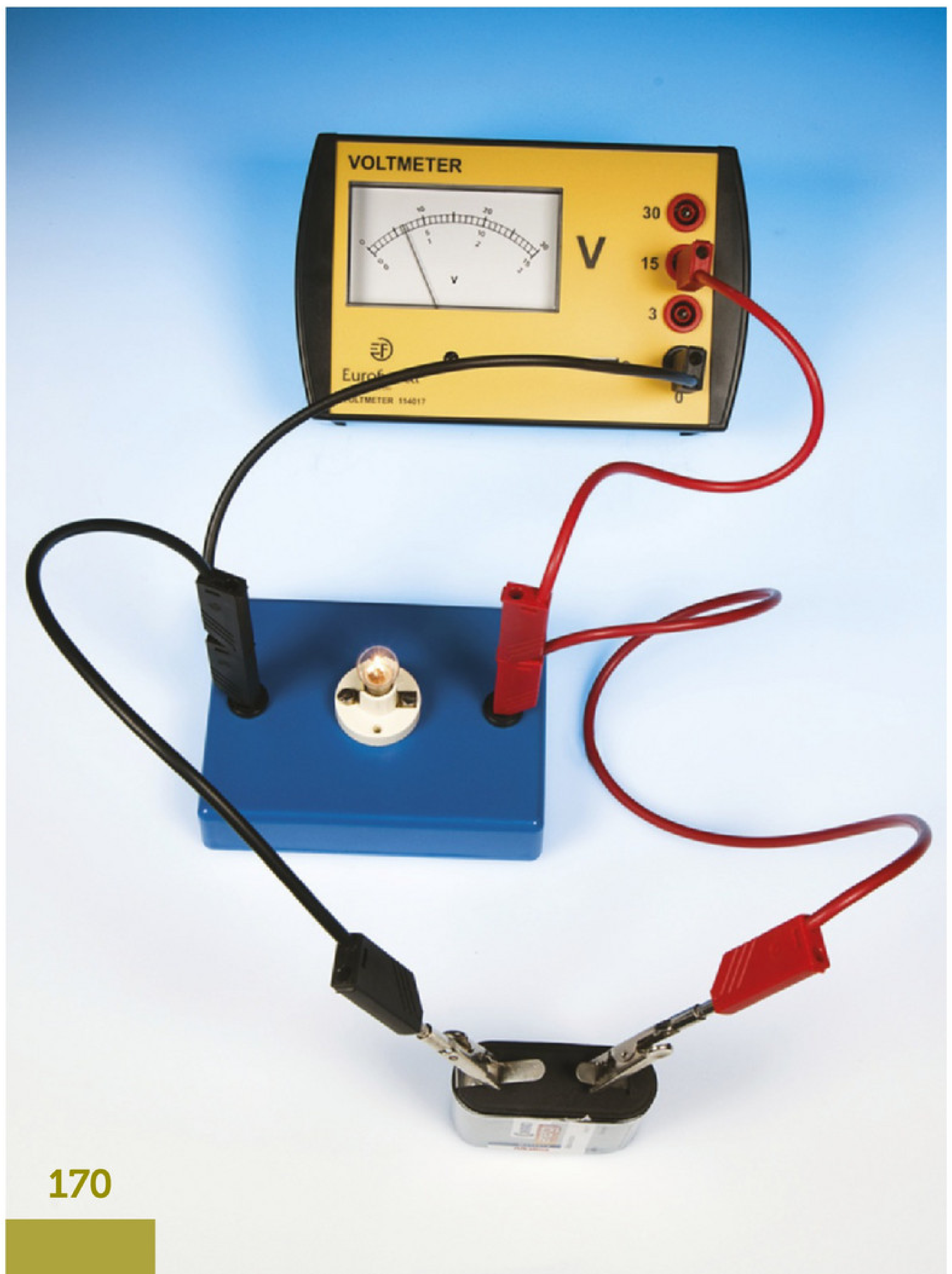
▲ **afbeelding 5**
een spanningsmeter aflezen

Bij andere meetinstrumenten ga je op een soortgelijke manier te werk.

4 Werken met een spanningsmeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een spanningsmeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

- Om de spanning 'over' een lampje te meten, schakel je de spanningsmeter parallel met het lampje (afbeelding 6).
- Je verbindt de pluspool van de batterij of voeding met de plusaansluiting op de spanningsmeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit je de twee snoeren in de meter 'andersom' aan.
- Veel spanningsmeters hebben verschillende meetbereiken. De meter op de foto in afbeelding 6 bijvoorbeeld heeft drie meetbereiken: 0-5 V, 0-15 V en 0-30 V.
- Als je het meetbereik van 0 tot 5 V gebruikt, kun je spanningen meten tot maximaal 5 V.
- Meet de eerste keer altijd met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Als de meter erg weinig uitslaat, kun je een kleiner meetbereik gebruiken.
- Je gebruikt altijd het kleinst mogelijke meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger schatten wat hij aanwijst.
- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



▶ **afbeelding 6**
Zo sluit je een spanningsmeter aan.

5 Werken met een stroommeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een stroommeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje. De stroom door het lampje loopt dan ook door de meter (afbeelding 7).
- Je verbindt de pluspool van de batterij of voeding met de plusaansluiting op de stroommeter. (Eventueel mag er nog wel een lampje of iets dergelijks tussen zitten.) De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit je de twee snoeren in de meter 'andersom' aan.
- Veel stroommeters hebben verschillende meetbereiken. De meter op de foto in afbeelding 7 bijvoorbeeld heeft drie meetbereiken: 5 A, 500 mA en 50 mA.
- Als je het meetbereik van 0 tot 5 A gebruikt, kun je stromen meten tot hoogstens 5 A.
- Meet de eerste keer altijd met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Als de meter erg weinig uitslaat, kun je een kleiner meetbereik gebruiken.
- Je gebruikt altijd het kleinst mogelijke meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger schatten wat hij aanwijst.
- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.

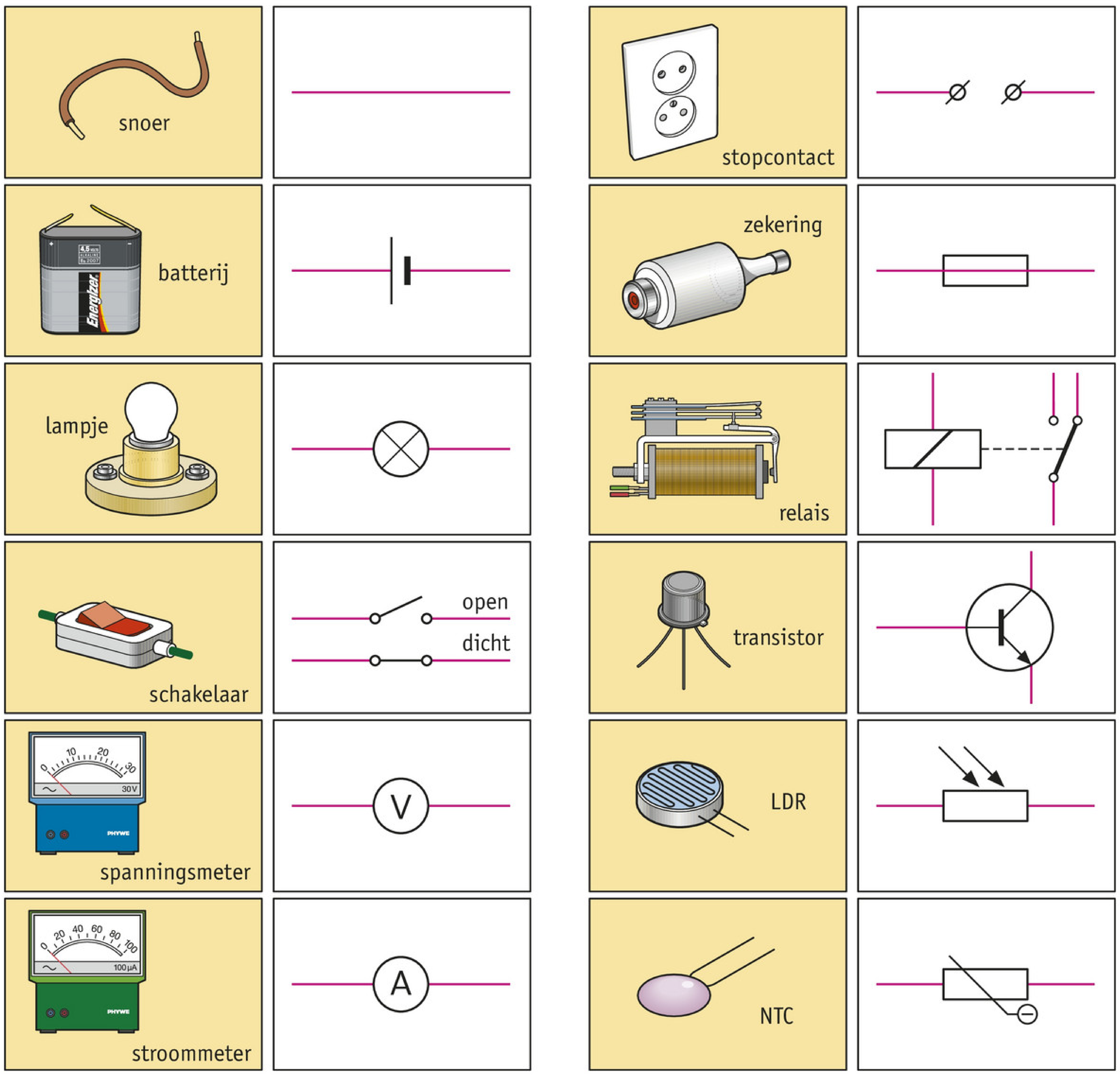


▶ **afbeelding 7**
Zo sluit je een stroommeter aan.

6 Schakelingen bouwen

Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. In zo'n schakelschema worden verschillende schakelsymbolen gebruikt, zoals je kunt zien in het overzicht in afbeelding 8.

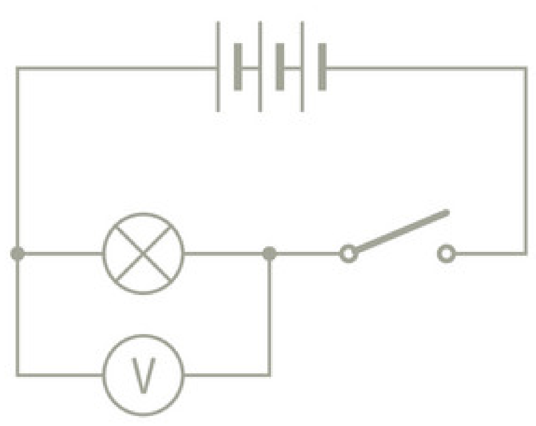
Je kunt een schakeling het best stap voor stap opbouwen. In afbeelding 9 zie je hoe je daarbij te werk kunt gaan.



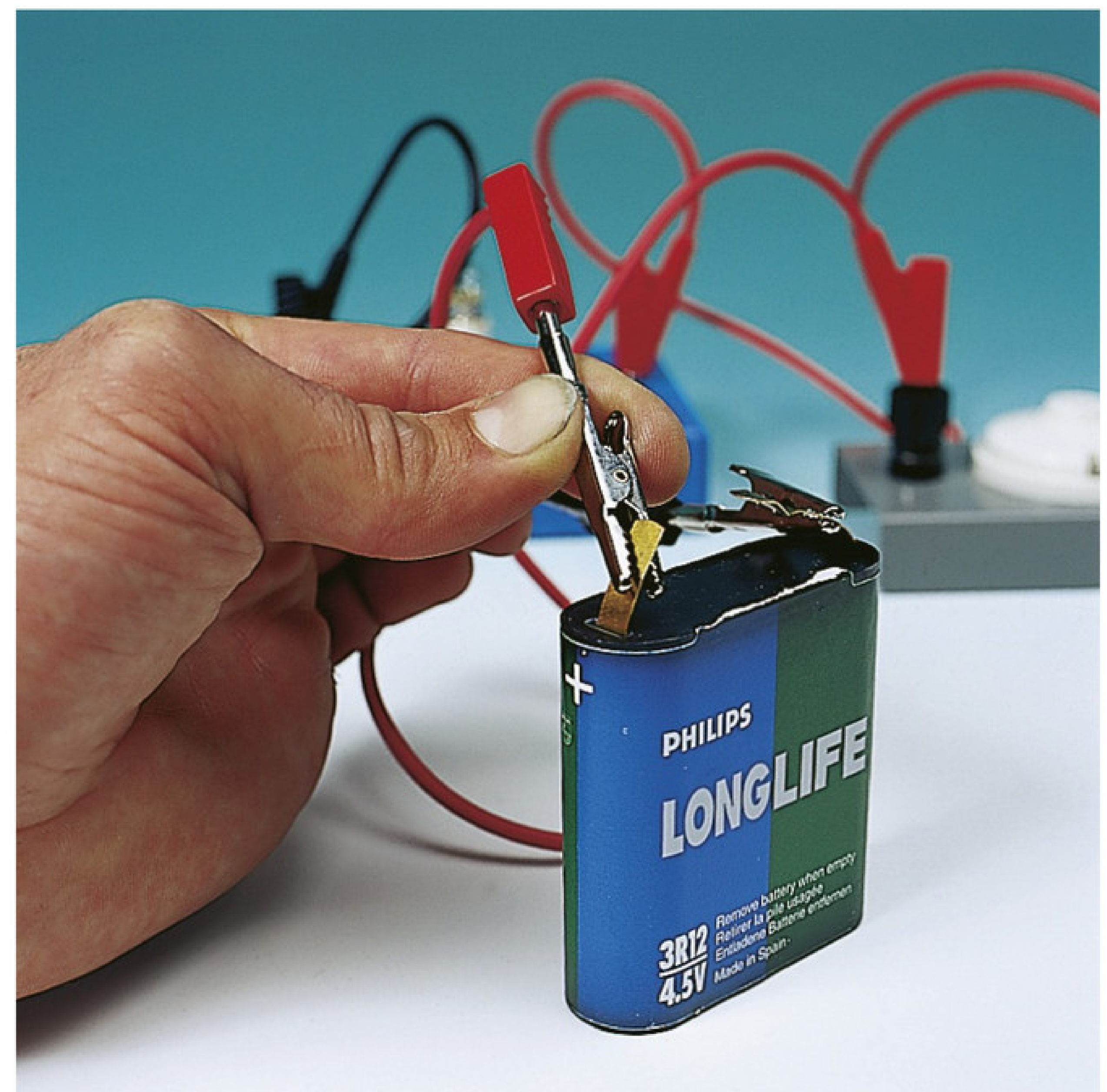
▲ **afbeelding 8**
een overzicht van de schakelsymbolen

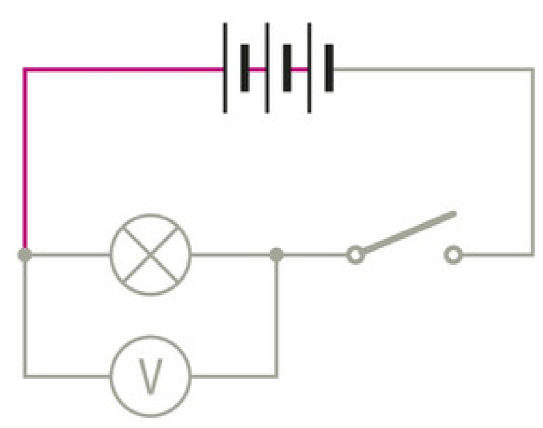
▶ **afbeelding 9**
een schakeling bouwen



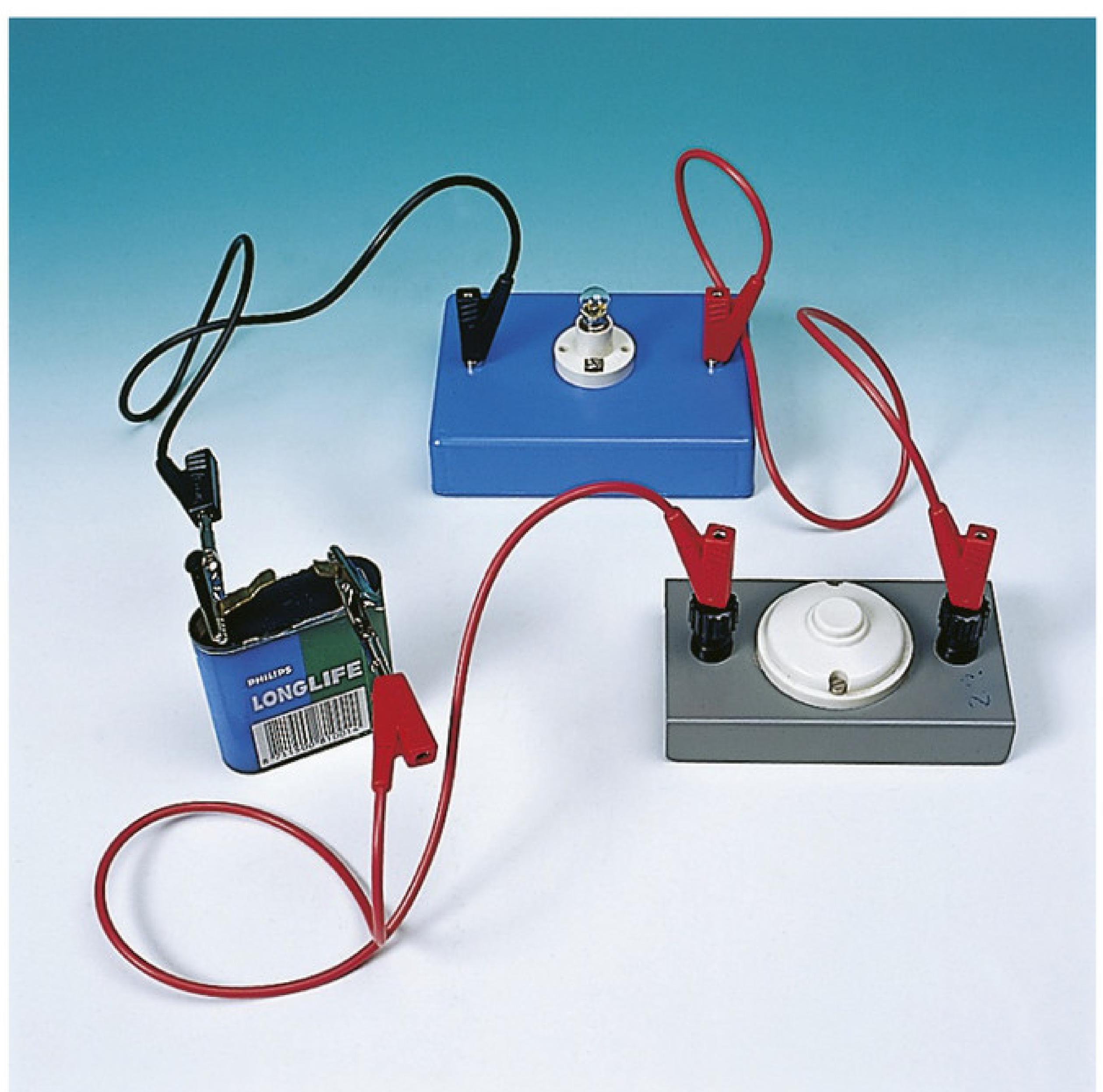


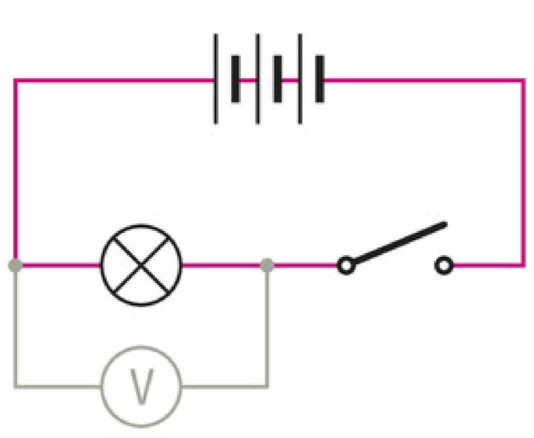
1 Verzamel de verschillende onderdelen.



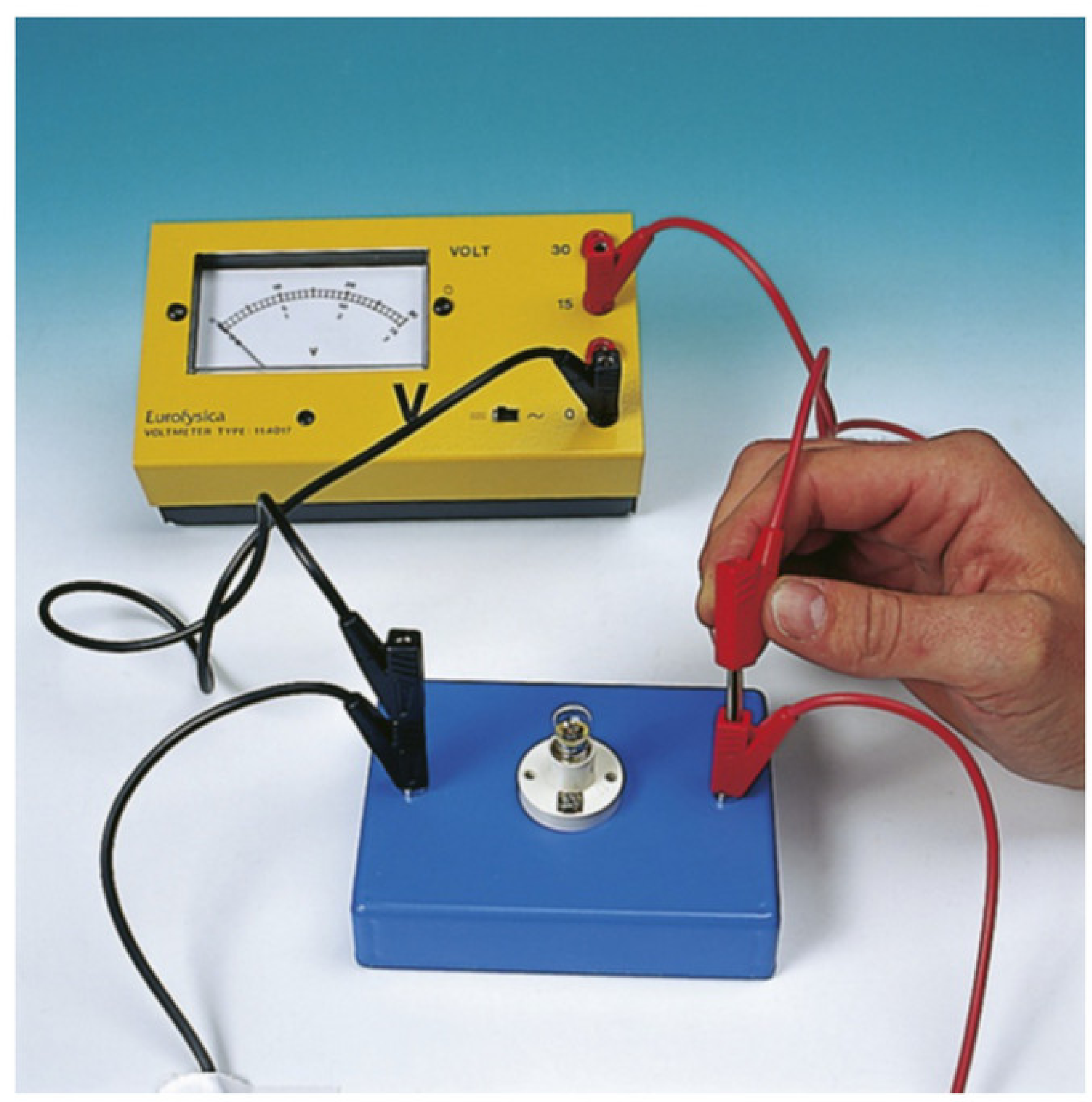


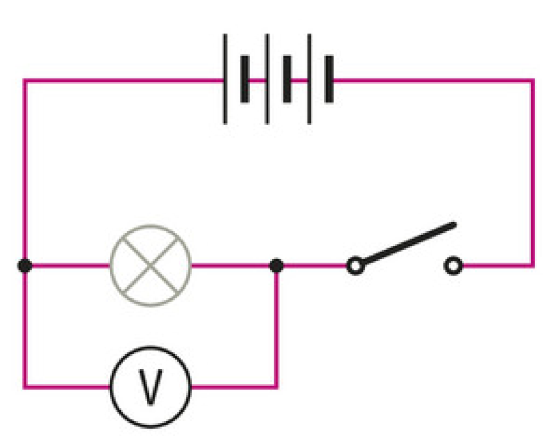
2 Begin met een snoer aan de pluskant.





3 Sluit het lampje en de schakelaar aan: in serie.





4 Sluit de spanningsmeter aan: parallel met het lampje.

7 Werken met de kleurcode op weerstanden

Kleine koolweerstanden hebben een kleurcode waarmee je de waarde van de weerstand kunt bepalen. Deze kleurcode bestaat uit gekleurde ringen op de weerstand (afbeelding 10).



▲ **afbeelding 10**
Deze weerstand heeft een waarde van 1000 Ω met een afwijking van maximaal 50 Ω.

De kleurcode bestaat meestal uit vier ringen, bijvoorbeeld: bruin – geel – rood – goud. De laatste ring staat iets apart van de andere drie.

- De eerste ring geeft je het eerste cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: bruin staat voor het cijfer 1.
- De tweede ring geeft je het tweede cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: geel staat voor het cijfer 4.
- De derde ring geeft je een vermenigvuldigingsgetal: 10, 100, 1000, enzovoort. In tabel 1 kun je opzoeken hoeveel nullen je achter de eerste twee cijfers moet zetten.
  In het voorbeeld: rood betekent dat je twee nullen moet toevoegen.
  De waarde van de weerstand is dus 1400 Ω.

▼ **tabel 1** kleurcodering voor koolweerstanden

kleur	ring 1 en 2: getal	ring 3: aantal nullen	ring 4: tolerantie
zwart	0	0	
bruin	1	1	circa 1%
rood	2	2	
oranje	3	3	
geel	4	4	
groen	5	5	circa 2%
blauw	6	6	
violet	7		
grijs	8		
wit	9		
goud			circa 5%
zilver			circa 10%
zonder			circa 20%

- De vierde ring geeft aan hoe nauwkeurig de weerstand is gemaakt. Dit noem je de **tolerantie**. Een tolerantie van 10% wil bijvoorbeeld zeggen dat de weerstand niet meer dan 10% mag afwijken van de aangegeven waarde.
  In het voorbeeld: goud staat voor een tolerantie van 5%.
  De echte waarde van de weerstand mag dus op zijn hoogst 5% afwijken van 1400 Ω. 5% van 1400 is 70. De weerstand is dus minstens 1330 Ω (1400 – 70 = 1330 Ω) en op zijn hoogst 1470 Ω (1400 + 70 = 1470 Ω).

  Wil je een weerstand met een grotere nauwkeurigheid, dan zoek je een weerstand waarvan de laatste ring rood of bruin is. Zo'n weerstand is natuurlijk wel duurder.

8 Werken met formules

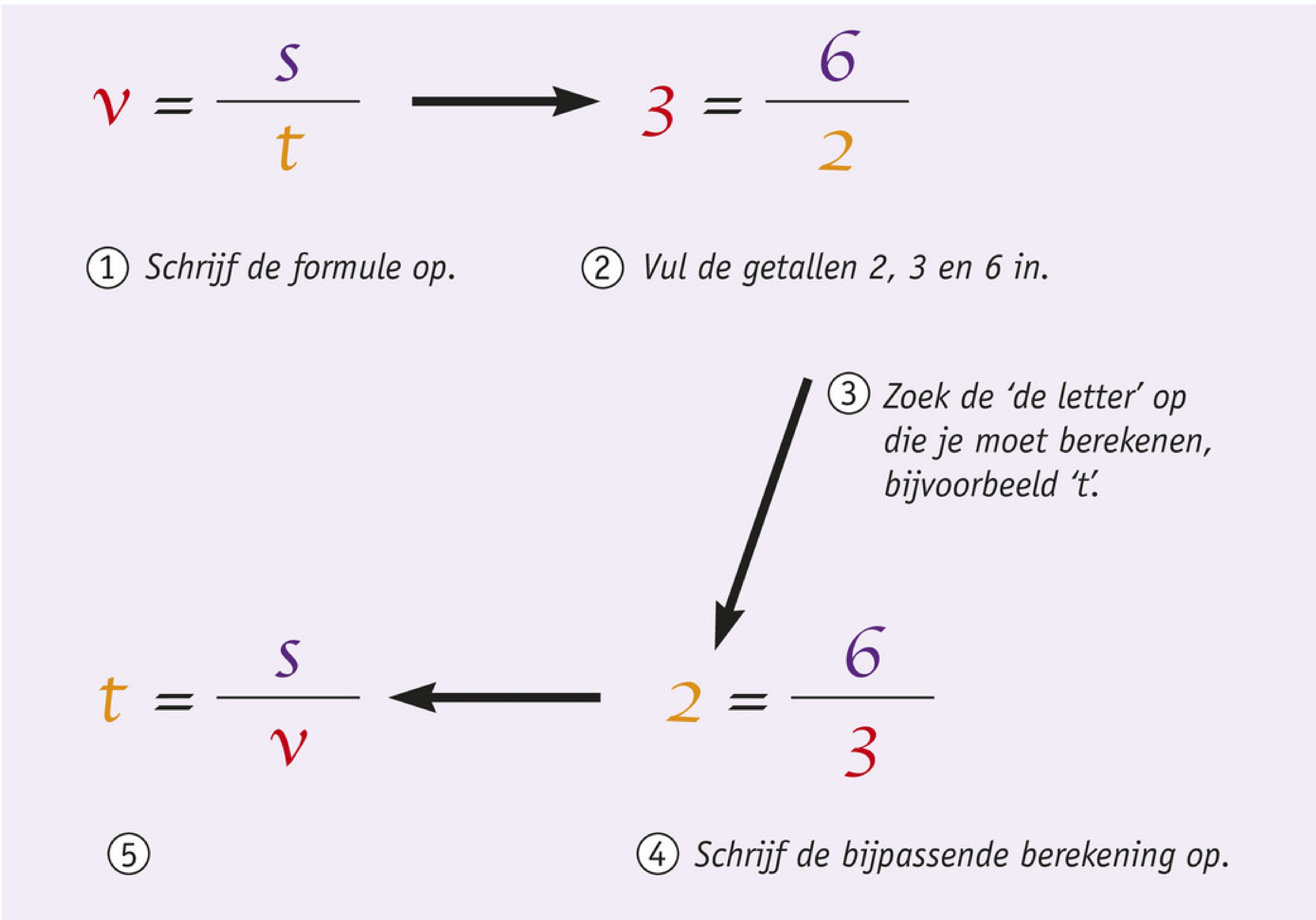
Bij natuur- en scheikunde maak je af en toe berekeningen. Een goede aanpak is de volgende:

- **Stap 1: Lees de opgave**
  Lees de opgave en schat in welke buurt de uitkomst zal liggen. Stel dat je moet uitrekenen hoe groot de massa van een leerling is. Dan voel je wel aan dat de uitkomst ergens moet uitkomen tussen 40 en 80 kg.

- **Stap 2: Noteer de gegevens**
  Schrijf de grootheid op en schrijf de waarde erachter. Vergeet de eenheid niet. Soms is het handig een eenheid alvast om te rekenen.

  Voorbeeld
  Gegeven is dat de stroomsterkte 150 mA is. Schrijf dan op:
  I = 150 mA = 0,150 A

- **Stap 3: Schrijf de formule(s) op**
  Sommige formules kun je op verschillende manieren opschrijven (zie ook afbeelding 11). Neem de vorm waarin de gevraagde grootheid voor het is-teken (=) staat.



▶ **afbeelding 11**
een formule omwerken

1 Schrijf de formule op.
2 Vul de getallen 2, 3 en 6 in.
3 Zoek de 'letter' op die je moet berekenen.
4 Schrijf de bijpassende berekening op.
5 Schrijf de letters erbij.

Voorbeeld

De formule $R = \frac{U}{I}$ kun je op drie manieren schrijven:

- Als je de weerstand moet berekenen, schrijf je $R = \frac{U}{I}$
- Als je de spanning moet berekenen, schrijf je $U = I \cdot R$
- Als je de stroomsterkte moet berekenen, schrijf je $I = \frac{U}{R}$

- **Stap 4: Vul de gegevens in**
  Let erop dat je de juiste eenheden opschrijft.

- **Stap 5: Werk de berekening uit**

- **Stap 6: Noteer de uitkomst**
  De uitkomst is een getal + een eenheid. Geef in je uitkomst ook aan welke grootheid je hebt uitgerekend, het liefst als een woord.
  Als er uit je berekening $R = 23\ \Omega$ komt, schrijf je dus: de weerstand is 23 Ω.

- **Stap 7: Controleer de uitkomst**
  Vergelijk de uitkomst met de schatting die je in het begin maakte. Ga ook na of je geen reken- of overschrijffouten hebt gemaakt en of je de juiste eenheid achter het getal hebt gezet.

Voorbeeld

Petra heeft een proef gedaan om het vermogen van een fietslampje te bepalen. In haar proefverslag staat dat de stroomsterkte 250 mA was bij een spanning van 6,0 V.
Petra kan nu als volgt het vermogen van het lampje berekenen:

$U = 6{,}0\ \text{V}$
$I = 250\ \text{mA} = 0{,}25\ \text{A}$

$P = U \cdot I = 6{,}0 \times 0{,}25 = 1{,}5\ \text{W}$

Het vermogen van het lampje is dus 1,5 W.

9 Werken met grootheden en eenheden



▲ **afbeelding 12**
Als je meet, vergelijk je een grootheid (je lengte) met een eenheid (de meter).

Een **grootheid** is iets wat je kunt meten met een geschikt meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte (afstand), massa en kracht. Meer grootheden zie je in tabel 2.

Om een grootheid te kunnen meten, heb je een afgesproken maat nodig. Zo'n afgesproken maat noem je een **eenheid**. Je meet je lengte in meters, je massa in kilogrammen en je spierkracht in newton. De meter is de eenheid van lengte, de kilogram de eenheid van massa en de newton de eenheid van kracht. Elke grootheid heeft een officiële internationale SI-eenheid (SI staat voor *Système International*: het in 1960 ingevoerde internationale systeem van eenheden).

Voor het meten van je lengte is de meter heel geschikt (afbeelding 12). Maar voor de lengte van de spoorlijn van Amsterdam naar Rotterdam kun je beter een grotere eenheid gebruiken: de kilometer. Tijd meten we vaak in uren en niet in seconden. En voor temperatuur gebruiken we veel liever de graad Celsius dan de kelvin. Het ligt dus aan de situatie welke eenheid wordt gebruikt.

In tabel 2 vind je een overzicht van alle grootheden en hun eenheden die in dit boek voorkomen. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veelgebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.

▼ **tabel 2** grootheden en eenheden

grootheid	afkorting	SI-eenheid	afkorting	andere eenheid	afkorting
druk	*p*	pascal	$Pa = N/m^2$	newton per vierkante centimeter	N/cm^2
energie	*E*	joule	J	kilowattuur	kWh
kracht	*F*	newton	N	kilonewton	kN
lengte, afstand	*l*	meter	m	centimeter	cm
luchtdruk	*p*	pascal	Pa	millibar	mbar
massa	*m*	kilogram	kg	gram	g
oppervlakte	*A*	vierkante meter	m^2	vierkante centimeter	cm^2
snelheid	*v*	meter per seconde	m/s	kilometer per uur	km/h
spanning	*U*	volt	V	kilovolt	kV
stroomsterkte	*I*	ampère	A	milliampère	mA
temperatuur	*T*	kelvin	K	graden Celsius	°C
tijd	*t*	seconde	s	uur	h
vermogen	*P*	watt	W	kilowatt	kW
weerstand	*R*	ohm	Ω	kilo-ohm	kΩ

10 Werken met voorvoegsels

Bij natuur- en scheikunde krijg je soms te maken met getallen die erg groot of juist erg klein zijn (afbeelding 13). Er is een handige manier bedacht om dit soort getallen op te schrijven. In plaats van:
'De spanning op deze hoogspanningsleiding is 380 000 V.'
kun je ook schrijven:
'De spanning op deze hoogspanningsleiding is 380 kV.'
Het voorvoegsel k (kilo) betekent hetzelfde als 1000 (duizend).



▲ **afbeelding 13**
Hoe groot is de spanning op deze hoogspanningsleiding?

Het voorvoegsel kilo staat voor 1000:
1 kilometer = 1000 meter, 1 kilogram = 1000 gram, 1 kilonewton = 1000 newton

Over het gebruik van dit soort voorvoegsels zijn afspraken gemaakt die gelden voor de hele wereld. In deze afspraken staat:
- welke voorvoegsels je mag gebruiken;
- wat die voorvoegsels betekenen;
- hoe je die voorvoegsels afkort.

In tabel 3 zie je de meest gebruikte voorvoegsels, met bij elk voorvoegsel een voorbeeld.

▼ **tabel 3** voorvoegsels en hun betekenis

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
mega	M	1 000 000 of 10^6	1 MW = 1 000 000 W = $1 \cdot 10^6$ W
kilo	k	1000 of 10^3	1 kV = 1000 V = $1 \cdot 10^3$ V
centi	c	0,01 of 10^{-2}	1 cm = 0,01 m = $1 \cdot 10^{-2}$ m
milli	m	0,001 of 10^{-3}	1 mA = 0,001 A = $1 \cdot 10^{-3}$ A
micro	µ	0,000 001 of 10^{-6}	1 µg = 0,000 001 g = $1 \cdot 10^{-6}$ g

Soms moet je gegevens omrekenen van de ene eenheid naar de andere. In het voorbeeld hierna zie je hoe je dat kunt aanpakken.

Voorbeeld
Op een lamp staat dat hij een vermogen van 17 W heeft.
Hoeveel kW is dat?

Om te beginnen bedenk je dat 1 kW = 1000 W. Met andere woorden:
- Ga je van kW naar W, dan moet je vermenigvuldigen met 1000.
- Ga je van W naar kW, dan moet je delen door 1000.

De lamp heeft dus een vermogen van 17 / 1000 = 0,017 kW.

11 Rekenen met verhoudingen

Sommige problemen kun je oplossen door een **verhoudingstabel** te maken. Zo'n tabel kan bijvoorbeeld handig zijn als je een kracht moet tekenen op een bepaalde schaal.

Stel dat je een kracht van 183 N moet tekenen, met als schaal: 1 cm ≙ 25 N. Je kunt de lengte van de pijl als volgt berekenen:

- Noteer de gegevens in een verhoudingstabel. Tussen 25 N en 183 N noteer je 1 N als tussenstap:

kracht (N)	25	1	183
lengte (cm)	1	...	...

- Je ziet:
  - Eerst moet je delen door 25.
  - Daarna moet je vermenigvuldigen met 183.

- Je vult de verhoudingstabel dus zo in:

	: 25 →	× 183 →	
kracht (N)	25	1	183
lengte (cm)	1	0,04	7,32
	: 25 →	× 183 →	

12 Werken met tabellen en grafieken

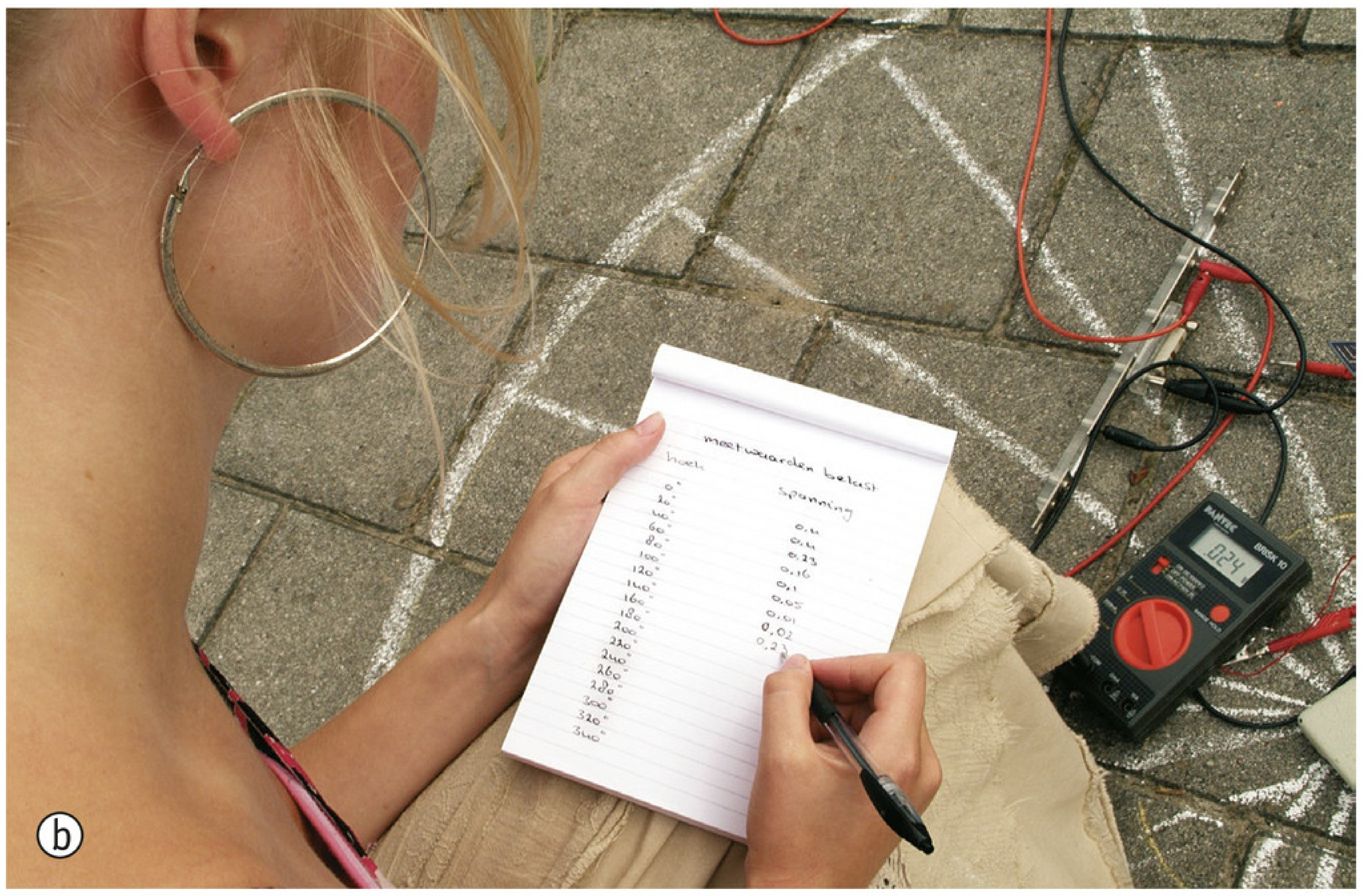
Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Over een zonnecel kun je bijvoorbeeld vragen:
Hoe hangt de spanning van een zonnecel af van de hoek waaronder het zonlicht op de zonnecel valt?

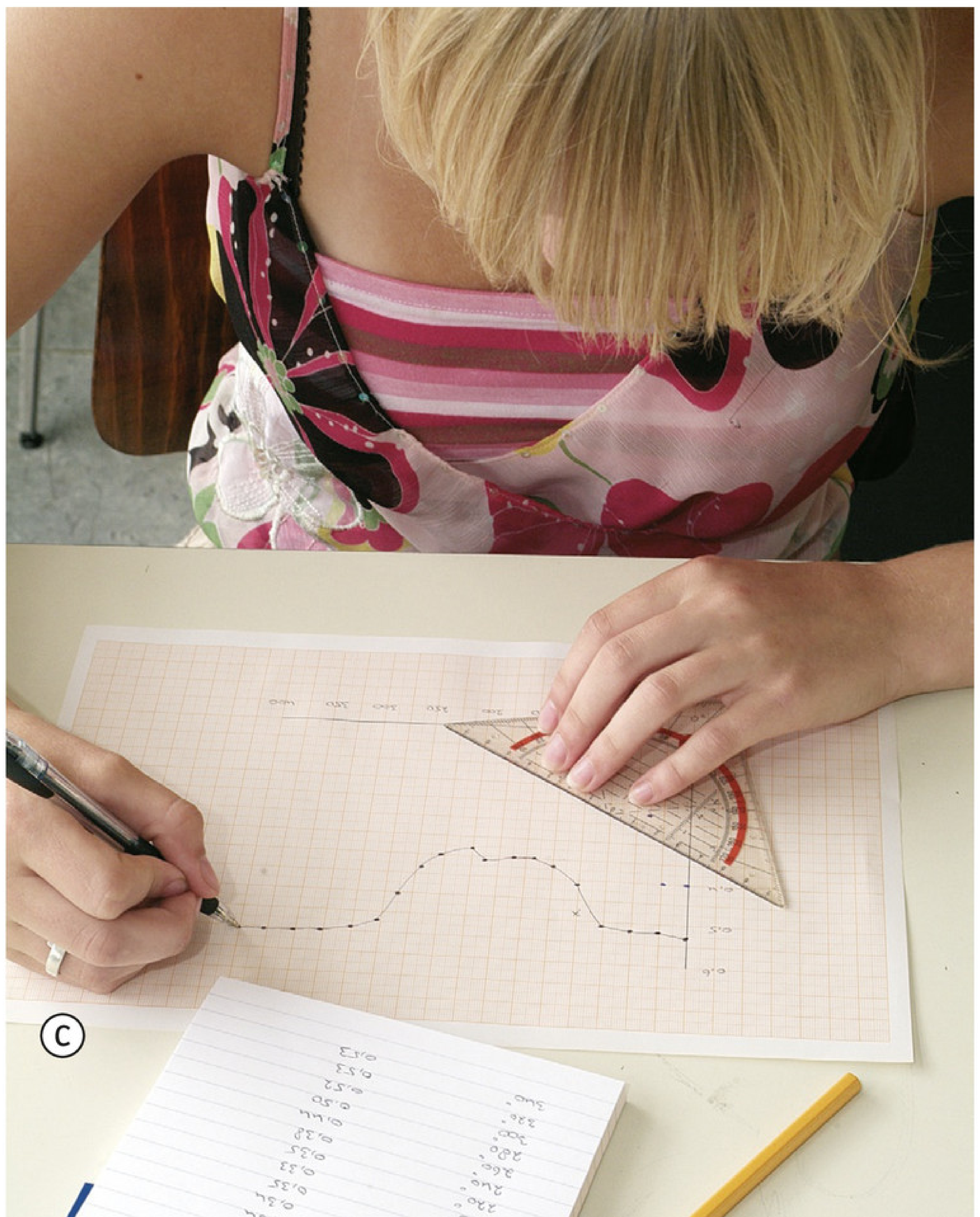
Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je sluit een spanningsmeter aan op een paneel zonnecellen (afbeelding 14a). Daarna zet je het paneel onder verschillende hoeken neer en meet je telkens de spanning. In een tabel noteer je de meetresultaten: links de hoek, rechts de bijbehorende spanning (afbeelding 14b).

Verbanden worden duidelijker als je ze weergeeft in een grafiek (afbeelding 14c).

▼ **afbeelding 14**
meten – noteren – tekenen


a


b


c

Zo’n grafiek maak je als volgt:

- Werk alles uit in potlood. Anders kun je later niets meer verbeteren.
- Teken een assenstelsel. In het werkboek is dat meestal al voor je gedaan.
- Zet bij elke as een grootheid, met de eenheid waarin je hebt gemeten. Bijvoorbeeld: → temperatuur (°C) en → stroomsterkte (A).
- Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling. Zorg ervoor dat al je metingen in de grafiek passen en dat je grafiek niet te klein wordt.
- Teken de meetresultaten in als punten. Realiseer je daarbij dat er altijd kleine meetfouten in je meetresultaten zitten. Je mag er niet van uitgaan dat elk punt exact juist is.
- Trek een rechte lijn als de meetpunten ongeveer op een rechte lijn liggen. Laat die lijn zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Je mag de punten niet een voor een met elkaar verbinden.
- Teken een vloeiende kromme als de punten duidelijk niet op één lijn liggen. Laat de kromme zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Je mag de punten niet een voor een met elkaar verbinden.

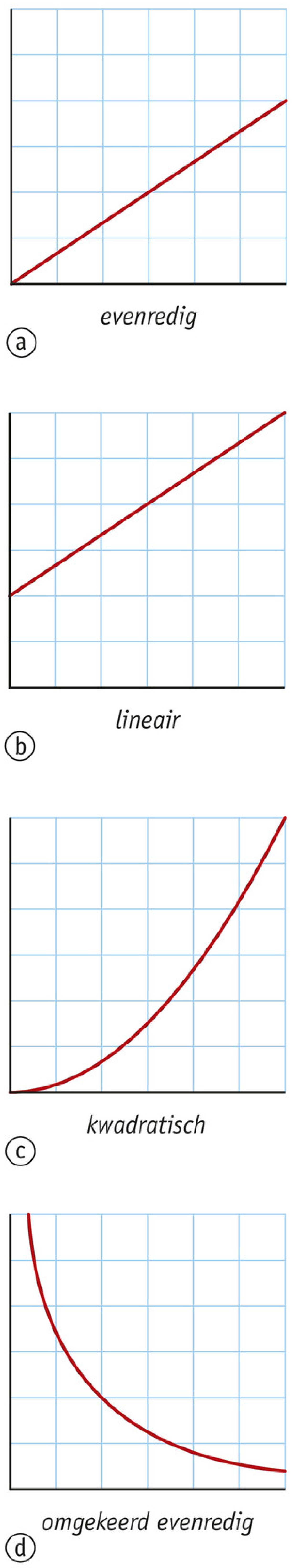
  Het geeft dus niet dat een rechte lijn of een kromme niet precies door alle meetpunten loopt.

13 Verbanden meten

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden.
Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met de stroomsterkte als je de spanning groter maakt?

Bij deze vraag gaat het om het verband tussen de spanning en de stroomsterkte.
Hoe meet je nu zo'n verband?

- Maak eerst een tabel waarin je de meetresultaten kunt noteren: links de spanning, rechts de stroomsterkte.
- Kies voor de spanning een serie 'mooie' getallen. Bijvoorbeeld: 0,5 V, 1,0 V, 1,5 V, enzovoort. Dat maakt het gemakkelijker om straks een grafiek te tekenen.
- Stel steeds een nieuwe spanning in en lees af: welke stroomsterkte hoort bij deze spanning? Noteer de meetwaarden in de tabel.
- Controleer alle metingen minstens één keer, om aflees- en opschrijffouten te kunnen verbeteren.
- Verwerk je metingen tot een grafiek. In vaardigheid 11 kun je lezen hoe dat moet. Zet de spanning langs de horizontale as, en de stroomsterkte langs de verticale as.
- Vergelijk de grafiek die je hebt getekend met afbeelding 15. Daarin zie je hoe een grafiek eruitziet:
  a als het verband **evenredig** is;
  b als het verband **lineair** is;
  c als het verband **kwadratisch** is;
  d als het verband **omgekeerd evenredig** is.



▲ **afbeelding 15**
verschillende verbanden in een grafiek

Als de grafiek een rechte lijn is, is het verband tussen de twee grootheden lineair. Gaat de grafiek ook door de oorsprong, dan is het verband evenredig. Als je met een constantaandraad hebt gewerkt, vind je een evenredig verband.

Het meten van verbanden tussen andere grootheden kun je op dezelfde manier aanpakken.

14 Een verslag maken

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een practicumproef of een thuisopdracht.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in het onderzoeksgroepje, de naam van je docent(e), de datum en het jaartal.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden en welk antwoord je van tevoren dacht te vinden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van teksten, tabellen, foto's en dergelijke.

§ 4 Uitwerking
Hierin maak je grafieken van je meetwaarden en voer je berekeningen uit die je nodig hebt om je onderzoeksvraag te beantwoorden.

§ 5 Conclusies
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag. Ook schrijf je op wat er beter had gekund.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren.

Een aantal aanwijzingen:

- Maak je verslag als het even kan met een tekstverwerker (computer).
- Gebruik papier op A4-formaat.
- Zorg dat er ruime marges overblijven: onder en boven, links en rechts.
- Kies een goed leesbaar lettertype, met een goede lettergrootte.
- Zet een vet kopje boven elke paragraaf. Sla daarna een regel over.
- Zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken. Zet er een nummer bij, zodat je ernaar kunt verwijzen.



NASK 1
Verslag Onderzoeksopdracht
Weerstanden doormeten

$$R = \frac{U}{I}$$

Gemaakt door: Bastiaan Veerman en Niek Nanninga
Klas: 3TL1
Docent: Dhr. Eijkelkamp
Datum: 2 februari 2014

▶ **afbeelding 16**
voorbeeld van een titelpagina

Register

Colofon

Auteurs:
Frits Kappers
Coert Schatorjé

Eindredactie:
Lineke Pijnappels

Met medewerking van:
R. Tromp
M. Eijkelkamp
Th. Smits

Ontwerp:
Uitgeverij Malmberg

Ontwerp omslag:
Buro De Kuiper in samenwerking met
Uitgeverij Malmberg

Foto omslag:
Shutterstock

Openingsbeelden binnenwerk:
Shutterstock; Dmitry_Tsvetkov/Shutterstock.com
JASPERIMAGE/Shutterstock.com

Beeldverwerving:
B en U International Picture Service, Amsterdam

Illustraties:
Yde Bouma, Leusden
Marcel Braat / Zanzara Illustrations, Great Yarmouth
Erik Eshuis Infographics, Groningen

Foto's:
123RF.com; John Autery, Dixon Mills, Alabama (VS); Ary Bastiaan/ANP, Rijskwijk; Alain Lebot/PhotoNonStop/ANP, Rijswijk; ANP Foto, Rijswijk; www.avanspeldehoveniers.nl; www.flir.com; Fresh Images / Reporters, Haarlem); Imageselect, Wassenaar); I-stock; Frits Kappers, Hoogeveen; René Krekels/FotoNatura, Wormerveer; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam; NASA; Peter Roek/Pentalux Photography, Stampersgat; Pim Rusch Fotografie, Leiden; Science Photo Library / ANP Foto, Rijswijk; Shutterstock.com; Voermans Van Bree Fotografie, Arnhem

Opmaak:
Nieuwe Stijl, Den Haag

ISBN: 978 90 345 8748 0
Vierde editie, zesde oplage

MALMBERG

AUTEURS:
F. Kappers
C. Schatorjé

EINDREDACTIE:
L. Pijnappels

MET MEDEWERKING VAN:
R. Tromp
M. Eijkelkamp
Th. Smits

ISBN 978 90 345 8748 0
9 789034 587480
553778

MALMBERG